



М.В. Никитин.

Лекции по Физической Географии.

Курс, читанный на Гидрографическом Факультете Военно-Морской Академии

в 1922–23 г.



Петроград.

Картографич. маст. Гл. Гидр. Упр. Моркома.

Настоящие записки не предназначались для издания. Они представляют собою лишь наброски, служившие мне конспектом для лекций, прочитанных в 1922-23 г. на первом курсе Гидрографического факультета Военно-Морской Академии. Я получил предложение факультета прочесть курс физической географии только осенью 1922г. и потому совершенно не имел возможности обработать его на столько, чтобы курс мог быть напечатан. Единственно лишь желание помочь слушателям заставило меня согласиться на литографирование этих записок и тем облегчить работу слушателей, лишенных возможности благодаря условиям настоящего времени пользоваться необходимыми пособиями за невозможностью их достать. Эти же самые условия сильно затруднили и мою работу, так как в большинстве случаев я не мог пользоваться первоисточниками и должен был заменять их общеизвестными руководствами.

Записки составлены по программе, принятой на Гидрографическом факультете и составленный профессором Ю.М. Шокальским, ею определяется и последовательность изложения, и объем записок.

Только благодаря широкой помощи Ю.М. Шокальского, который предоставил мне возможность пользоваться не только своей библиотекой, но даже конспектом, по которому он читал тот же курс в предшествовавшие годы, я мог выполнить свою задачу так, как это сделал.

Пользуюсь случаем принести Ю.М. Шокальскому глубокую благодарность.

Главнейшими пособиями при составлении записок послужили:

Ю.М. Шокальский. Конспект лекций по физической географии.

A.de Lapparent. Leçons de Géographie Physique. 1907г.

Emm. de Martonne. Traité de Géographie Physique. 1913г.

А.Зупан. Основы Физической Географии. 1915 .

1908 .

П.П. Броунов. Курс Физической географии. 1910.

Б.фон. Шпиндлер. Лекции по Физической географии. 1903.

Ю. Ганн и Э.Брюкнер. Общее землеведение. 1902.

А.А. Крубер. Общее землеведение. 1917-1922 г.

Em. Haug. Traité de Géologie. 1908-1911.

А.Борисяк. Курс Исторической Геологии. 1922.

Кн.Б.Голицын. Лекции по Сейсмометрии. 1912.

James Geikie. Mountains their origin, Growth and Decay. 1913.

Г.Обермайер. Доисторический человек. 1913.

Других пособий я не перечисляю. Ссылки на литературу в курсе указаны лишь главнейшие, остальные не сделаны за недостатком времени и вследствие желания по необходимости сократить объем записок.

Чертежи сделаны слушателями, они же взяли на себя и все заботы по изданию, осуществить которое им помогла Военно-Морская Академия.

М. НИКИТИН.

Май 1923 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

ЗАПИСКИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

Введение.

Предмет Географии.

Предмет Географии составляет всестороннее изучение земного шара в его современном состоянии, и как одного из тел солнечной системы, и как физического тела со всеми явлениями его неорганической и органической природы . /Шокальский - лекции/.

Короче говоря, Географию можно определить как „науку о земле", однако, такое определение, вполне отвечавшее требованиям науки в древние времена, когда предмет этот получил свое название, теперь не может быть признано достаточным. Это видно уже из того, что существует другая наука, сравнительно новая, - Геология, которую тоже определяют как науку о земле I/, и кроме нее, в настоящее время существует целый ряд наук, которые работают над изучением той или другой части земли, изследуют явления известного рода, совершающиеся на ее поверхности. Произошло это потому, что задача всестороннего изучения земли слишком сложна, и по мере накопления материала приходилось располагать его по различным отделам предмета, которые с течением времени разрослись в самостоятельные науки.

Понятно, поэтому, что точное разграничение сфер соприкасающихся наук невозможно, так как оно условно. „Желание дать определение науки положениями, поставленными a priori, всегда слишком смело", говорит de Martonne I/. Чтобы уяснить себе вполне, что именно и почему входит в область той или другой из современных соприкасающихся наук, необходимо проследить их эволюцию. Сделав это de Martonne, приходит к такому определению:

„Современная география есть наука о явлениях физических, биологических и социальных, рассматриваемых в их распределении на земной поверхности, их причинах и во взаимной связи".

I/ Э. Ог. Геология. Т. I. Москва 1914 г.

2/ E. de Martonne. Traite de qeoqraphie physique Paris I913

W. M. Davis определяет Географию, как изучение земли в отношении к человеку [1].

von Richthofen считает задачей Географии изучение поверхности земного шара /суши, моря и атмосферы/, а также флоры, фауны, человека и их взаимоотношений. Изучение внутренних частей земли он отводит геологии.

Сложность задачи ставит Географию в тесную связь со многими другими науками, выводами которых она широко пользуется, и развитие ее всецело зависит от их прогресса. Поэтому научное обоснование современной географии стало возможно только после того, как астрономия указала место земли в солнечной системе, изучила все ее движения, выработала гипотезы о происхождении земного шара; геодезия определила форму и величину земли и дала способы изображения ее поверхности на бумаге; физика выяснила законы, управляющие явлениями, которые мы наблюдаем как на земном шаре, так и вне его; геология, - опираясь опять таки на другие науки: минералогию, петрографию, палеонтологию, накопила данные и построила на них схему истории земли от момента появления на ней твердой коры до нашего времени; наконец, ботаника, зоология, антропология и история человечества, этнография и статистика, выяснили законы взаимной зависимости условий жизни на земле.

Только совокупность результатов, добытых в каждой отдельной области исследований дает возможность составить приблизительную картину тех непрерывных видоизменений природы земного шара, одного из переходных моментов которых мы только и являемся свидетелями. Наше дело именно и состоит в том, чтобы как можно лучше и подробнее запечатлеть своими работами ту картину природы, которую мы застали на земле, и тем самым подготовить нашим потомкам твердое основание для дальнейшего движения вперед [2].

Разделение Географии.

И так, География должна быть разделена на несколько отделов и прежде всего на общую географию или общее Землеведение

1/ W.M.Davis Physical Geography Boston 1898.

2/ Ю.М. Шокальский - Лекции.

и специальную географию /или частную/ или Страноведение. Первая изучает земной шар в целом, вторая - отдельные страны или области.

Деление Общего Землеведения.

Общее Землеведение в настоящее время делится на: I/Математическую географию, 2/ физическую географию, 3/ биогеографию и 4/ антропогеографию. I/

Математическая география /иногда ее называют астрономической/ рассматривает землю, как мировое тело, изучает ее вид, величину, массу, плотность, ее движения и отношения к другим небесным телам, а также способы изображения земной поверхности. Из этого видно, что математическая география по своему содержанию входит отчасти в область астрономии, геодезии и отчасти геофизики, и потому некоторые выделяют ее из общего землеведения.

Физическая география представляет собою ту часть общего землеведения, которая изучает явления, совершающиеся в неорганической природе земного шара, рассматривает формы его поверхности, исследует их происхождение и классифицирует их.

По W.M.Davis'у Физическая География или Физиография, как начинают ее называть, есть изучение физической среды, окружающей человека.

По E.de-Martonne - Физическая география наука о явлениях, которыми выражается физическая деятельность на поверхности земного шара, рассматриваемых с точки зрения их распределения и их взаимодействия.

Жизнь органическая, развивающаяся в земной оболочке, составляет предмет двух последних отделов общего землеведения, именно:

Биогеография изучает распределение растений /фитогеография/ и животных /зоогеография/ на земном шаре.

Антропогеография изучает жизнь человечества в ее отношении к земле и разбирает вопросы политической и экономической географии.

Кроме того, исследование различных специальных явлений географическим методом составляет предмет, так сказать, "прикладных" географий, как то: военной, коммерческой, сельско-хозяйственной и

I/ Раньше общее землеведение делили на математическую географию, физическую и политическую. Последняя заключала в себе сведения из этнографии, статистики и государствоведения.

и друг.

Специальная /частная/ география, имея те же по существу задачи, как и общая, должна иметь и одинаковое с нею подразделение.

Значение карты.

Одним из главных методов географии при изучении какого нибудь явления служит определение распространения этого явления на поверхности земли. Для выражения его нужна карта. Она является необходимым орудием работы для географа, и он должен уметь пользоваться ею.

„Карта - основа географии", говорит Петерманн „.......... только карта может привести к правильному представлению о положении, формах и размерах различных частей земной поверхности во всех ее подробностях. Только карта может дать те основные представления о пространстве, на которых зиждется все географическое знание". /Зондерван. Географическая карта. С.Петербург 1909 г./

Земная поверхность не может быть развернута на плоскость без разрывов и складок и потому не может быть изображена на бумаге с сохранением действительных очертаний суши и океанов. Только небольшая ее часть может быть нарисована в уменьшенном виде без всяких искажений; это будет план. Для изображения значительной части земной поверхности можно разбить ее меридианами и параллелями на отдельные сферические трапеции и, если круги проведены достаточно часто, то каждую трапецию можно считать без ощутительной погрешности за плоскость. Но, если такие трапеции прикладывать одну к другой на плоскости, то сплошного изображения не получится, между трапециями будут получаться просветы, чем дальше, тем больше и контуры берегов, линии рек и т.п. разорвутся. Необходимо будет пользоваться такими трапециями порознь и получится изображение земной поверхности на отдельных листах целого атласа.

Картографические проекции.

Для построения сплошного изображения значительной части земной поверхности придумали картографические проекции, т.е. географические сетки, составленные двумя системами линий, одна из которых принимается за меридианы, другая за параллели,

причем масштаб на них в разных частях и в разных направлениях, вообще говоря, различен. Он и не может быть одинаков, потому что тогда все контуры на карте были бы подобны действительным, а это было бы равносильно возможности развернуть сферическую поверхность на плоскость.

Число картографических проекций может быть безконечно велико, но все их можно разделить на три группы по свойствам изображения.

1/ Проекции равноугольные /конформные/ сохраняют подобие бесконечно малых фигур. Масштаб на них неизменен по всем направлениям из каждой отдельной точки, но на очень малом протяжении, а при переходе к соседним точкам он изменяется.

2/ Проекции равновеликие /эквивалентные/ то те, на которых сохраняется постоянным отношение площадей замкнутых фигур произвольных размеров к соответствующим им поверхностям на земле. На них в каждой точке масштабы по разным направлениям различные.

Оба эти условия конформности и эквивалентности не могут быть совмещены, так как сферическая поверхность не может быть развернута на плоскость. Между тем при изображении больших пространств в конформной проекции должен очень сильно изменяться масштаб в разных точках, а в эквивалентных получаются очень большие искажения фигур, поэтому при составлении небольших карт иногда предпочитают строить проекцию третьей группы.

3/ Проекции произвольные. Они не конформны и не эквивалентны, а обладают некоторыми промежуточными свойствами, но зато удобны при использовании для известной цели или просты по построению.

К сказанному надо добавить, что при составлении точных и подробных карт нельзя считать земную поверхность шаровой, а надо принимать в расчет сжатие Земли. Поэтому находят сначала конформное или эквивалентное изображение эллипсоидальной поверхности Земли на сфере некоторого радиуса, а затем уже переносят его на плоскость.

При составлении всякой карты надо уметь выбрать такую проекцию, которая удовлетворяла бы наилучшим образом поставленной

цели, что очень часто упускается из вида. Так например, при изучении распространения какого нибудь явления на земной поверхности очень часто применяют меркаторскую проекцию, которая очень хороша для других целей, но совершенно не выражает отношение площадей, тогда как это то именно и нужно в данном случае.

Кроме знания свойств картографической проекции, при пользовании картой надо уметь ее читать, а для этого надо иметь понятие о том как собирается весь необходимый материал, как он обрабатывается и изображается на карте. Это не может быть достигнуто одним теоретическим изучением, требуется еще достаточная практика.

Область доступная исследованию.

Физическая география, имея своей задачей, как было указано, изучение физических явлений на поверхности земного шара с целью дать картину его современного состояния, может пользоваться для своих исследований только путем наблюдения. Возможность опыта здесь почти исключается и в редких случаях им можно воспользоваться только для проверки заключений, основанных на наблюдениях.

Не смотря на то, что люди изучают Землю с древнейших времен, им удалось распространить свои наблюдения на оболочку земного шара лишь незначительной толщины, а между тем для понимания той картины природы, которую мы застали на земле, тех явлений, которые совершаются на самой поверхности земли, необходимо изучить не только непосредственно эту поверхность, но и всю массу Океана до самого дна, и всю толщину атмосферы и самые недра земли. Только недавно сравнительно удалось проникнуть в глубь океана почти на 10 км., поднять приборы самописцы до 30 км. и пробурить земную кору на 2 км. Вот заключенная в этих то пределах оболочка земли, доступная более или менее исследованиям, и доставит тот материал, на котором основываются выводы Физической Географии. Она носит название эмпирической земной поверхности.

Разделение Физической Географии.

Так как эмпирическая земная поверхность состоит из трех частей: атмосферы, воды и суши, то и физическая география подразделяется на три отдела: метеорологию, гидрологию и геоморфологию. Метеорология изучает все явления, совершающиеся в атмосфере; она разрослась в самостоятельную науку, для физической же географии наибольшее значение имеет тот отдел ее, который называется климатологией. Гидрология изучает воды земного шара; из нея выделился отдел, исследующий воды океанов и морей под названием Океанографии. Океанография по мере накопления данных также разрастается все более и более. Геоморфология изучает конечный результат тех видоизменений, которые земная кора претерпела до настоящего времени. Она тесно связана с физической Геологией, работами которой пользуется при изучении сил, вырабатывающих формы земной поверхности и при исследовании происхождения этих форм. Наконец, существует и четвертый отдел Физической Географии, это Геофизика, к области которой здесь отнесены только Земной Магнитизм и Сейсмология [I/].

Основные сведения о земном шаре.

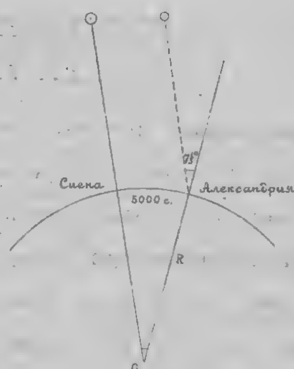
Форма и величина Земли.

Древнейшие научные представления о Земле, изображают ее плоским диском, обтекаемым рекою Океаном, по краям которого восходят и заходят светила. Предположение о том, что Земля имеет шарообразную форму было впервые высказано вероятно Талесом в VI в. до Рожд.Хр., и в том же веке Пифагор и его школа считали, что Земля, как совершенный предмет, должна иметь наиболее совершенную геометрическую форму, т.е. шаровую. Такое же предположение, но высказанное на основании математических соображений, встречается впервые у Парменида.

I/ Термин геофизика" введен в 60-х годах XIX столетия Герландом "вместо физической географии. Теперь же под этим названием принято подразумевать отдел физической Географии, в котором рассматриваются внутреннее строение земного шара, явления сейсмические, магнитные и т. п.

в 460 г. до Р.Х., но только Аристотель /IУ в. до Р.Х./обосновал этот взгляд тремя причинами: I/ всякая материя имеет стремление падать к одному центру; 2/ только круглое тело может отбрасывать круглую тень, наблюдаемую при затмениях Луны; 3/ только при кривой форме Земной поверхности можно наблюдать при путешествии вдоль меридиана появление новых созвездий и скрытие видимых ранее. Во II в. по Р.Х. Птолемей привел еще одно доказательство шарообразности Земли, именно постепенное появление из за горизонта предметов при приближении к ним.

В III столетии до Р.Х. была уже сделана первая замечательная работа для определения размеров Земли - первое градусное измерение. Эратосфен, живший в Александрии, знал, что во время летнего солнцестояния, в Сиене /нынешний Ассуан/, солнце в полдень освещает воду на большой глубине в колодце, т.е. бывает в зените. Кроме того, ему было известно из рассказов купцов, сопровождавших караван, что путь между этими двумя городами лежит приблизительно по направлению полуденной тени, откуда следует, что Сиена и Александрия лежат на одном меридиане. Наконец, из землемерного описания он знал, что расстояние между этими городами 5000 стадий. Измерив при помощи гномона зенит-расстояние солнца в полдень при летнем солнцестоянии в Александрии /чертеж I./, он нашел его равным $7\,^1/_5{}^{\circ}$, следовательно и разность широт этих пунктов равна $7\,^1/_5{}^{\circ} = {}^1/_{50}$ окружности, а длина всего меридиана равна $5000 \cdot 50 = 250000$ стадий. Точная величина египетской стадии к сожалению неизвестна, но ее принимают около 158 м., тогда длина меридиана выходит около 40500000 м., что очень близко к истине. Конечно такое совпадение надо признать случай



Черт. I.

ным, так как по новейшим определениям разность широт Александрии и Сиены равна $7^{\circ} 7'$ и Сиена почти на три градуса лежит восточнее Александрии, но астрономические определения Эратосфена по своему времени надо признать чрезвычайно точными и самую попытку необыкновенной.

Градусные измерения повторялись неоднократно после Эратосфена, но большое увеличение точности было достигнуто только после применения Снеллиусом /1615 г./ триангуляции к измерению на земле расстояний. Следующий шаг вперед был сделан Пикаром в 1670 г., который при измерении дуги во Франции применил к геодезическим инструментам зрительные трубы с сеткой нитей. Результат его работ - радиус Земли он получил 6372км., Замечателен тем, что дал возможность Ньютону подтвердить на числах открытый им закон всемирного тяготения.

И так, измерение Пикара довольно точно дало представление, что Земля есть шар радиуса 6372 км., но это оказалось только первым приближением к определению общего вида Земли, или истинной фигуры ее. Установим, что надо понимать под „общим видом Земли". Конечно, при определении его надо отвлечься от тех неровностей, которыми испещрена действительная физическая поверхность земного шара и которые имеют очень малые размеры по высоте сравнительно с величиной земного радиуса.Поверхность океана благодаря свойству жидкостей, в спокойном состоянии должна быть нормальна в каждой точке к направлению силы тяжести, т.е. к отвесному. Вот эту то поверхность океана, предполагая ее продолженною внутри материков, и называют истинною фигурою Земли . Все поверхности нормальные к направлениям силы тяжести называют уровенными поверхностями. Следовательно истинную фигуру Земли надо определить так: она совпадает с уровенною поверхностью, проведенною через средний уровень океана и продолженною мысленно внутри материков в виде глубоких безконечно-узких каналов. Такое дополнение необходимо, потому что 1/ уровень океана изменяется вследствие ветра, приливов, изменения давления атмосферы и пр., 2/ направление силы тяжести в каждом месте зависит от притяжения окружающих масс, а чтобы оно не нарушилось,каналы должны быть безконечно узкими.

Истинная поверхность Земли называется по предложению Листинга геоидальной, а тело, ограниченное ею, - геоидом.

Земной Эллипсоид.

Вскоре после измерения Пикара, именно в 1687 году Ньютон, исходя из соображения, что Земля была некогда расплавленной массой, вращавшейся около оси, показал, что она должна была вследствие действия центробежной силы принять форму эллипсоида вращения, малая ось которого совпадает с осью вращения, или, иначе говоря, форму сфероида, как назвал подобное тело еще Архимед.

Ньютон даже вычислил сжатие Земли, исходя из предположения, что она во всей массе однородна, именно, он получил

$$c = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{230}$$

Ньютон доказал также, что сила тяжести не может быть одинаковой во всех точках земли, как вследствие влияния центробежной силы, так и потому, что различные точки земной поверхности находятся на не одинаковых расстояниях от центра Земли, /раз она имеет вид эллипсоида/. Сила тяжести должна быть наибольшей на полюсах, а наименьшей на экваторе. Этим он объяснил известный еще ранее факт, наблюдавшийся в 1672 г. Рише. Этот ученый, производя астрономические наблюдения под 5° N в Кайенне, увидел, что его часы, выверенные в Париже, в Кайенне стали отставать и маятник пришлось укоротить настолько, что этого нельзя было объяснить одним только влиянием высокой температуры[1/].

Несколько позднее Ньютона и Гюйгенс пришел к заключению, что Земля должна иметь форму сфероида[2/].

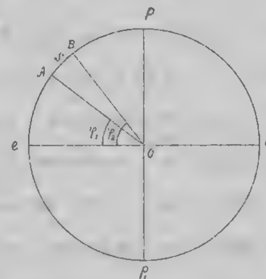
Раз Земля не шар, а сфероид, то для определения ее точной

1/ По Гельмерту /А.Зупан.Основы Физ.Геогр./длина секундного маятника в широте 0°2′ равна 991,055 мм., а в широте 79° 50′ она 996,067 мм.
2/ Надо указать, что если бы Земля и не была жидкой массой, а была бы лишь телом не абсолютно твердым, она все равно должна была бы сплющится у полюсов.

формы и размеров необходимо произвести точные измерения дуг меридианов или параллелей в различных местах ее поверхности. Это так называемые градусные измерения и суть их заключается в следующем. Выбрав две точки на поверхности Земли A и B, лежащие в одной долготе,/чертеж № 2/ измеряют между ними длину дуги меридиана AB = S и определяют их широты φ_1 и φ_2. Тогда если меридиан имеет форму круга, получится $S : 2\pi R = (\varphi_2 - \varphi_1) : 360°$

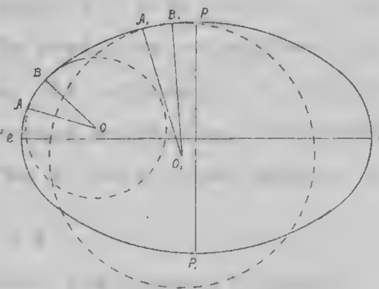
откуда $R = \frac{360 . S}{2\pi(\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{180.}{\pi} \cdot \frac{S}{(\varphi_2 - \varphi_1)}$

где $\frac{S}{\varphi_2 - \varphi_1}$ есть длина одного градуса меридиана.



Черт. 2.

Величина R есть радиус дуги AB, называемый ее радиусом кривизны. Если меридиан есть эллипс, то взяв две малых дуги его AB близ экватора и A_I B_I около полюса, /чертеж № 3/, можно вычертить окружности с центрами O и O_I, дуги которых совпали бы с малыми дугами AB и A_I B_I . Очевидно, что OA радиус кривизны дуги около экватора должен быть меньше, чем O_I A_I радиус кривизны дуги вблизи полюса. Измерив эти две дуги, можно определить длину одного градуса меридиана в разных широтах и, конечно, она получится меньше у экватора, чем у полюса.



Черт. 3

Для проверки теоретических выводов Ньютона и Гюйгенса в 1718 году во Франции было предпринято измерение дуги Париж-

ского меридиана, которое дало неожиданный результат: длина градуса на севере Франции получилась меньше чем на юге; произошло это, как мы знаем теперь, вследствие недостаточной точности работы, но тогда это обстоятельство вызвало горячие споры.

Для решения вопроса о фигуре Земли Французская Академия Наук отправила две экспедиции в 1735 и 36 г., одну к самому экватору в долину Квито в Перу под руководством Буге и Ла-Кондамина, другую возможно далее к северу, в Лапландию с участием Мопертюи и Клеро. В тоже время была проверена дуга меридиана во Франции. Результаты работ этих экспедиций вполне подтвердили идею Ньютона; ими окончательно было установлено, что Земля есть тело, сплюснутое у полюсов.

После этого градусные измерения делались неоднократно в различных странах; из них упомянем о большом французском и русских измерениях; последние были сделаны под руководством В.Я. Струве и Теннера по меридиану Юрьева на протяжении 25^{0} 20' , включая сюда и продолжение русской дуги - скандинавскую. Другие русские измерения сделаны по параллели $47\frac{1}{2}^{0}$ на протяжении 20^{0} по долготе и по параллели 52^{0} на 39^{0} 24', причем эта дуга составляет продолжение европейской, начинающейся в Англии и имеющей общую длину в 63^{0} 41' по долготе.

М е т р .

Большое французское измерение было произведено Мешеном и Деламбром по постановлению Национального Собрания в 1791 - 98 г. по дуге парижского меридиана от Дюнкирхена до Барселоны с небывалой до того точностью. Цель постановления была установить неизменную меру длины - метр. Французская Академия отказалась принять за меру длину секундного маятника, зависящую от другого фактора - времени, нашла неудобной выбрать для этого и определенную часть окружности экватора в виду того,

что он пересекает мало суши и проходит по разным государствам, и остановилась на одной сорокамиллионной части парижского меридиана. Приняв в расчет еще и Перуанское измерение для вывода сжатия Земли, Деламбр определил это сжатие $\frac{1}{334}$ и установил длину метра в 443,296 парижских линий. I/. Такой точно длины был сделан платиновый метр или mètre des Archives, который и хранится с особой тщательностью. Его длина при 0^{0}=443,295936 пар. л. Конечно, этот метр не представляет собою точно одну десятимиллионную часть четверти меридиана так же, как не может ее представлять и никакой другой, тем более, что сжатие, принятое при определении длины его, оказалось не точным. По новейшим определениям метр на 0,08 мм. короче $\frac{1}{40000000}$ части земного меридиана.

Согласно международному договору учреждено в Париже "Международное бюро мер и весов" /Bureau international des poids et mesures/. Для него были изготовлены эталоны метра и один из них в точности равный прежнему образцу метра принят за международный прототип. Его то длина и представляет собою основную единицу длины - метр, а вовсе не $\frac{1}{400000000}$ часть меридиана.

В России находятся два прототипа метра, один хранится в Главной палате мер и весов, другой в Академии Наук.

Самая мысль получить неизменную меру, как часть меридиана необоснована, так как она результат необоснованного предположения о неизменности формы Земли. Американский физик Майкельсон указал на пригодность для этой цели измерения световых волн, так как они неизменны по крайней мере до $\frac{1}{500000}$ своей длины. Исследование показало, что I м. равен I553I64,I3 длин волны красной кадмиевой линии и, если бы основные образцы метра были утрачены, они могли бы вновь быть восстановлены с полной точностью.

I/ Туаз = 864 пар.линии = 1,9490 метра при 0^{0}.

Элементы земного эллипсоида.

Для определения вида Земли и ее размеров, считая ее за эллипсоид вращения, было бы достаточно двух градусных измерений в различных широтах, но так как измерения не абсолютно точны, то каждая пара из многочисленных измерений дает различающиеся результаты. Чтобы получить более точные величины, надо вывести их из совокупности многих работ по способу наименьших квадратов.

Вероятнейшие величины элементов земного эллипсоида были определены Кенигсбергским астрономом Бесселем в 1841 г. из 10 наиболее точных имевшихся тогда градусных измерений по меридианам. В 1880 году тоже самое сделал английский геодезист Клэрк всего из пяти, но зато наибольших и точнейших измерений по меридиану и по одному измерению параллели. Эти два вывода и послужили основанием для вычисления большинства геодезических работ. Кроме них подобные же определения делались другими учеными; из них ниже приведены только результаты Хейфорда / John F. Hayford /, полученные в 1909 году путем особой обработки американских градусных измерений.

Вот главнейшие размеры земного эллипсоида.

	Бессель 1841 г.	Клэрк 1880 г.	Хейфорд 1909 г.
Экваториальный радиус = a	6377,397 км.	6378,249 км.	6378,388 км.
Полярный радиус = b	6356,079 "	6356,515 "	6356,909 "
Их разность = a - b	21,318 "	21,734 "	
Сжатие = $\frac{a-b}{a}$	$\frac{1}{299,15}$	$\frac{1}{293,5}$	$\frac{1}{297,0}$
Окружность экватора = 2 π a	40070,368 "	40076, "	
Окружность меридиана =	40003,423 "	40007 "	
Поверхность = F	509 950 714 кв. км.	510 064 916 км.	
Объем = V	1 082 841 300 000 км^3.	1 083 204 965 400 км^3.	
Длина четверти меридиана	10 000 856 м.	10 001 869 м.	
Радиус равновеликого шара	6 370,289 км.	6 370,996 км.	

	Бессель 1841 г.	Кларк 1880 г.
Длина экватор. градуса	111 307 м.	
Длина наибольшего меридиан. /89° - 90°/ градуса	111 680 "	
Длина среднего меридиан. градуса	111 121 "	
Длина наименьшего меридиан. градуса /0° - 1°/	110 564 "	

Из этой таблицы видно, что величина градуса меридиана изменяется от экватора до полюса на 1116 м. или на 1 $^{1}/_{9}$ км.

Числа Бесселя признаются теперь слишком малыми. Сравнение чисел Бесселя и Кларка показывает, что наибольшее расхождение у них получилось в величине сжатия. Выводы Гельмерта и Хейфорда подтверждают величину Бесселя, а в отношении к экваториальному радиусу - величину Кларка. Разница в величинах этого радиуса казалось бы не велика, всего около 1 км., но легко подсчитать, что ошибка в 1 км. в среднем радиусе Земли вызовет изменение в поверхности ее на 160 км^2.

Поверхность всякой страны получается по Кларку всегда больше, чем по Бесселю. Однако, эта разница не так значительна по сравнению с неточностью измерения, происходящей от неполноты картографического материала, мелкости масштаба, растяжения бумаги и неточности инструментов. Даже на точнейших картах ошибка в площади доходит до $\frac{1}{2}$ - 1 о/о.

Вся поверхность Земли по Кларку на 112120 км.^{2} больше, чем по Бесселю; эта разность приблизительно равна поверхности Исландии /103000 км.^{2}/.

Определения элементов земного сфероида, сделанные в течении XIX столетия со времени первого их определения в 1800 г. Деламбром дают разницу в общей поверхности Земли, доходящую до 273600 км^2, что приблизительно составляет поверхность Италии с принадлежащими ей островами.

Во многих случаях Землю можно приближенно принимать за шар, равновеликий определенному эллипсоиду. Строго говоря, радиус

равновеликого шара не равен радиусу шара, имеющего одинаковую поверхность с землей, именно:

Для одинаковой поверхности $\mathcal{F}$..... $\mathcal{R} = \sqrt{\frac{\mathcal{F}}{4\pi}} = 6370,289$ км.

Для одинакового объема V.... $\mathcal{R}_1 = \sqrt[3]{\frac{3v}{4\pi}} = \sqrt[3]{a^2 b} = 6370,283$ "

так как $V = \frac{4}{3} \pi a^2 b.$

Разница так мала, что можно принимать безразлично тот или другой радиус, кругло 6370 км. /по Клерку 637I км./.

Сравнение величин главнейших элементов, которые получаются для сферонда Бесселя и для равновеликого шара, в круглых числах километров сделано в следующих таблицах:

	Сфероид Бесселя	Шар
Длина экватора	40 070 км.	40 024 км.
" меридиана	40 003 "	40 024 "
" ¼ меридиана	I0 00I "	I0 006 "
Длина I' меридиана =длине I мор.м.		I853 м.
Поверхность Земли	509 950 000 км.	509 950 000 км.

Длина дуги в 1^0 меридиана.

В широте	Сфероид Бесселя	Шар	Разность /шар-сф./
0^0 - I0	II0,6 км.		+ 0,6 км.
I0 - II	II0,6 "		+ 0,6
20 - 2I	II0,7		+ 0,5
30 - 3I	II0,8		+ 0,4
40 - 4I	III,0		+ 0,2
50 - 5I	III,2	III,2 км.	+ 0,0
60 - 6I	III,4		- 0,2
70 - 7I	III,6		- 0,4
80 - 8I	III,6		- 0,4
89 - 90	III,7		- 0,5

Длина дуги в 1° параллелей.

Широта	Сфероид	Шар	Разность ш-с	Широта	Сфероид	Шар	Разность ш-с
0°	111,3 км.	111,2 км.	-0,1км.	50°	71,7 км.	71,5 км.	-0,2 км.
10	108,0	107,9	-0,1	60	55,8	55,6	-0,2
20	104,6	104,5	-0,1	70	38,2	38,0	-0,2
30	96,5	96,3	-0,2	80	19,4	19,3	-0,1
40	85,4	85,2	-0,2	90	-	-	-

Градусы всех параллелей равновеликого шара получаются короче, чем на сфероиде , хотя и не более, чем на 0,2 км.

Для градусов меридиана разность доходит до 0,6 км. в малых широтах и больших.

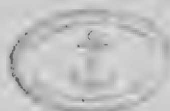
В большинстве географических вопросов возможно бывает принимать Землю за шар, собственно же в Картографии это можно сделать только при мелком масштабе карты.Так напр., при масштабе 1:500 000 расстояние в 0,2 км. выразится длиною 0,4 мм., а в масштабе 1:100 000 оно будет равно 2 мм.

Сравним теперь площади одноградусных трапеций на сфероиде Бесселя и на равновеликом шаре.

Широта	Сфероид	Шар	Разность ш.-сф.	Широта	Сфероид	Шар	Разность ш.-сф.
0°-1	12306км^2	12360 км^2	+ 54 км.	50°-51°	7890 км^2	7862км^2	- 28 км.
10-11	12106	12153	+ 47	60 -61	6122	6086	- 36
20-21	11546	11576	+ 30	70- 71	4157	4126	- 31
30-31	10640	10650	+ 10	80 -81	2058	2040	- 18
40-41	9411	9399	- 12	89 -90			

Отсюда видно, что при всяких измерениях площадей на картах, необходимо принимать в расчет эллипсоидальность Земли /сжатие/.

Приблизительно надо помнить, принимая Землю за шар



радиуса 6370 км.

Окружность большого круга	=	40000 км.
Длина дуги его в 1°	=	111 км.
Длина дуги его в $1''$	=	31 м.
Поверхность Земли	=	510000000 км.

Геоид.

Повторявшиеся одно вслед за другим градусные измерения естественно приводили к определению новых элементов земного сфероида. При этом обнаружилось с полной очевидностью, что разности в величинах элементов, полученные из отдельных определений, превосходят возможные ошибки измерений. Это обстоятельство приводит к заключению, что разные меридианы имеют не вполне одинаковый вид и что, следовательно, Земля не есть точный эллипсоид вращения, а только приближается к нему по своей форме. Таким образом в XIX в. повторилось то же, что имело место в XVIII, когда, определив радиус Земли, пришли к убеждению, что она имеет форму не шара, а эллипсоида. Как шаровая форма служит первым приближением к истинной фигуре Земли, так эллипсоидальная является вторым, уже гораздо более точным. Естественно, что явилось дальнейшее стремление определить истинную фигуру Земли.

Математики Маклорен и Якоби еще ранее доказали, что не только эллипсоид вращения может быть фигурой равновесия жидкой массы, но также и трехосный эллипсоид, вращающийся около наименьшей оси. Русский геодезист Шуберт и Клэрк попытались вывести из градусных измерений элементы трехосного эллипсоида. Мы не приводим полученных ими результатов, так как имеющихся данных недостаточно для того, чтобы относится к этим определениям с доверием и, кроме того, в настоящее время в науке преобладает другой взгляд на форму Земли.

Помимо расхождения в элементах земного сфероида, определяемых из различных градусных измерений, на отсту-

пление Земли от правильной формы еще более указывают местные уклонения отвесных линий /от нормалей к поверхности идеального эллипсоида/ и возмущения /аномалии/ силы тяжести, определяемые из наблюдений над качаниями маятника. Эти наблюдения гораздо легче выполнимы, чем сложные градусные измерения, и могут быть производимы как на небольших островах, так даже в последнее время и на океанах. /Nansen и Hecker/. Причины этих явлений кроются в неправильном виде физической земной поверхности, и надо думать, в неравномерном распределении плотностей внутри Земли. Исследования отклонений отвесных линий и определения силы тяжести дают хорошее средство определить общий вид поверхности геоида, а также подробно изучить ее по частям.

Так как поверхность геоида везде нормальна к отвесным линиям, то по вышеуказанным причинам она должна быть очень сложного вида и не может быть выражена никакой математической формулой. Однако незначительность расхождений в величинах элементов сфероида указывает на то, что поверхность геоида очень близка к сфероиду и потому во всех практических вопросах можно принимать Землю за эллипсоид вращения. Изучение отклонений геоида от сфероида составляет дальнейшую задачу Геодезии, до настоящего же времени это еще далеко недостаточно изучено.

Еще недавно большинство геодезистов склонялось к тому, что на материках поверхность геоида выше сфероида вследствие избытка притяжения твердой массы, а на океанах она лежит ниже сфероида от недостатка притяжения. Но теоретические исследования /Слудский/ привели к противоположному заключению, а определения напряжения силы тяжести, произведенные О. Геккером в 1901 году на Атлантическом океане между Лиссабоном и Бахией, показали, что сила тяжести на океане приблизительно нормальна. Величину отклонений поверхности

геоида считали доходящей до нескольких сот метров, но по новейшим определениям Гельмерта она не превышает ±100 м.

Местные уклонения отвесных линий обнаруживают местные же, как бы волнообразные, неровности на поверхности геоида, но надо помнить, что эта поверхность во всех своих частях остается всегда выпуклой.

Основные черты морфологии Земли.

Пределы известной части земной поверхности.

Выяснив вид и размеры идеальной земной поверхности, надо указать какая часть действительной, физической поверхности Земли доступна исследованиям.

С древнейших времен, когда каждому отдельному народу была доступна только небольшая область, окружавшая место его обитания, подобно тому, как это еще недавно встречалось среди племен внутренней Африки или жителей отдельных групп островов Полинезии, ознакомление с поверхностью земли медленно расширялось под влиянием, главным образом, торговых интересов и в зависимости от усовершенствования средств передвижения.

Географические знания народов южной Европы расширялись сначала вдоль берегов Средиземного моря, благодаря легкости передвижения даже на примитивных судах, но, главным образом, они распространялись в сторону континентов, что конечно происходило очень медленно. Океан долгое время препятствовал расширению знакомства с большей частью поверхности Земли. Только в конце ХУ века люди пересекли Атлантический океан, в ХУI столетии впервые обогнули земной шар. Но и до сих пор еще значительные пространства нам вовсе недоступны.

Самые большие из них лежат около полюсов. Хотя первые исследования в полярных пространствах были сделаны еще в ХУI веке, хотя в ХХ веке и удалось достичь обоих полюсов, однако, в полярных широтах остаются еще

большие области, куда не проникал человек, особенно за южным полярным кругом. Тем не менее относительно этих областей мы можем с большой вероятностью строить предположения в смысле пространств, занимаемых там сушею. Именно, в северной области нельзя ожидать каких либо новых значительных масс суши; на отсутствие их указывает Дрейф „Jeannette," „Fram" и Пири на льдах. Что же касается южной области около полюса, то можно считать в настоящее время установленным, благодаря работам целого ряда экспедиций, по большей части XX ст., что она занята Антарктическим континентом и прилежащими к нему группами островов.

Неизвестное пространство около северного полюса занимает около 4.000.000 км.^{2}, а около южного - I4.000.000 км.^{2} Следовательно вся неизвестная нам часть земной поверхности равна I8.000.000 км.^{2}, т.е. почти вдвое более поверхности Европы /9.000.000 км./ Это составляет 3,5о/о всей поверхности Земли, тогда как известное пространство 96,5 о/о или 492.000.000 км.^{2}

Однако и доступная нам часть поверхности Земли известна лишь в общих чертах. Так, изучение Океана, занимающего большую часть земного шара, началось очень недавно, а континенты исследованы не равномерно и очень еще поверхностно.

Степень обследованности земной поверхности.

Лучше всего это видно из обзора современного состояния картографии. Подобные обзоры были сделаны Дж.Бартоломью в I890 году и Ф. Шредером в I893 г. для всего земного шара. Ю.М. Шокальским /I908 и I9I7 г./ составлена обзорная карта, показывающая степень обследованности земной поверхности.

Карты бывают двух родов: топографические, дающие изображение земной поверхности с большими подробностями, и карты географические, изображающие только главнейшие особенности ее.

Ю.М. Шокальский подразделяет все картографические материалы по их точности на четыре отдела:

1/ Топографические карты масштаба до 1:200.000 и крупнее с проведенными на них изогипсами.

2/ Карты масштаба от 1:200.000 до 1:1.000.000, основанные на полуинструментальной съемке,- подробные географические.

3/ Карты еще более мелких масштабов, чем 1:1.000.000, покрыты линиями путевых съемок и расспросными сведениями - общие географические.

4/ Обзорные карты.

Карта обследованности суши дана в предисловии к книге Зондервана „Географическая карта", а обследованности всего земного шара в труде: „Шокальский. Океанография".

По этим картам видно, что топографические карты имеются только для небольшой части земной поверхности. Они охватывают почти всю Европу, Индию, части Алжира, Туниса, Египта, Туркестана и Сибири, Приморскую Область, части Канады и Соединенных Штатов.

Подробные географические карты обнимают всю остальную часть Европы; в Азии - среднюю Азию, Малую Азию, часть западной Сибири, части Месопотамии и Ирана, восточную часть Китая; в Африке - Марокко, побережье Средиземного моря, область, прилежащую к Нилу, побережье Красного моря. Значительные части по восточному берегу, Капскую колонию. Северное побережье Гвинейского залива и прилежащие области. В Америке - Соединенные Штаты, южную полосу Канады, Центральную Америку, все побережье южной Америки и всю ее южную часть; в Австралии - восточную часть, юго западную оконечность и Н. Зеландию.

Остальные пространства континентов сняты только более или менее поверхностно и для них имеются только географические карты разных масштабов и достоинств.

Зато совершенно неизвестных областей остается сравнительно мало, они лежат островами в Австралии, Африке и

в полярных странах.

Суша и вода.

При первом взгляде на земную поверхность бросается в глаза то, что она состоит из суши и воды, физические свойства которых совершенно различны, а потому соотношение их и распределение на земном шаре чрезвычайно важно для физической географии. Правильное представление о их соотношении и распределении составилось не так давно. Правда, еще в древние времена существовал верный взгляд, что суша окружена со всех сторон водой. Такого мнения придерживались Эратосфен и Страбон, но в те же времена Аристотель, Гиппарх, Птоломей высказывали противоположное: что море представляет замкнутые бассейны, окруженные сушей. Только после плавания Магеллана в XVI ст., а главное после путешествий Кука могло получиться представление более близкое к действительности.

Вполне точное отношение поверхностей суши и воды, конечно, не может быть установлено и теперь по понятным из вышеизложенного причинам, но без большой погрешности можно принять его таким /Крюммель 1907 г./

суша занимает 148,9 миллионов кв.км.или 29,2о/о земн.поверх.
вода " 361,I " " " " 70,8 " " "

Отношение поверхностей равно I : 2, 43 или кругло 2 : 5 .

Оба рода поверхности, суша и вода, распределены по лицу Земли совсем не равномерно. Следующая таблица /Крюммель 1907/ дает их распределение по 10^{0} зонам широты.

Поверхность суши и воды.

Зоны	Их поверхность по Бесселю.	В миллионах кв.км. Вода	Суша	В о/о Вода	Суша	
90°-80° N	3.9	? 3,6	? 0,3	? 94,0о/о	? 6,0о/о	Предположительно
80 -70	II,6	8,5	3,I	75,6	24,4	Приблизительно.
70 -60	I8,9	5,3	I3,6	27,8	72,2	преобладание
60 -50	25,6	II,I	I4,5	43,5	56,5	суши
50 -40	3I,5	I5,0	I6,5	47,5	52,5	
40 -30	36,4	20,8	I5,6	57,I	42,9	
30 -20	40,2	25,I	I5,I	62,5	37,5	
20 -I0	42,8	3I,5	II,3	73,5	26,5	постоянство отношения суши и воды.
I0 - 0	44,I	34,I	I0,0	77,2	22,8	
0 -I0 S	44,I	33,7	I0,4	76,4	23,6	
I0 -20	42,8	33,4	9,4	78,0	22,0	
20 -30	40,2	30,9	9,3	76,8	23,2	
30 -40	36,4	32,2	4,2	88,6	II,4	
40 -50	3I,5	30,5	I,0	96,9	3,I	Водный пояс
50 -60	25,6	25,4	0,2	99,0	I,0	
60 -70	I8,9	I7,I	I,8	89,7	I0,3	
70 -80	II,6	? 3,I	? 8,5	? 23,0	? 77,0	Суша преобладает.
80 -90°S	3,9	—	? 3,9	? 0	?I00,0	
90°N-0°	255,0	I54,9	I00,I	60,7	39,3	
0° -90°S	255,0	206,2	48,7	80,9	I9,I	
Вся Земля	5I0,0	36I,I	I48,8	70,8	29,2	

Из таблицы прежде всего видно, что суша неравномерно распределена между Северным и Южным полушариями. Тогда как в Северном суша занимает - 39 о/о, а вода 6I о/о, а
в Южном суша " - I9 о/о, а вода 8I о/о .

Следовательно на северное полушарие приходится 2/3 всей

суши, на южное - I/3. Также неравномерно распределение суши и воды и по отношению к земной поверхности вообще.

Северный полюс окружен сплошной массой воды; далее к югу поверхность суши быстро возрастает и на 65° N параллели она достигает максимум в 77 о/о; от 70 северной параллели до 60 южной она постепенно убывает с 72 о/о до I о/о, далее к югу возрастает, особенно быстро с 70° S, и сплошная масса суши окружает южный полюс в виде Антарктического материка. Поверхность суши преобладает над водной только в зонах от 70° до 40° N. От 20° N до 30° S отношение поверхностей суши и воды остается почти постоянным. От 56° S до 63° S земной шар окружен сплошным кольцом воды.

Суша и вода распределены неравномерно и по отношению ко всякому меридианальному или иному сечению. Не останавливаясь подробно на распределении их в восточном и западном полушариях, разделяемых Гринвическим меридианом, укажем только, что в восточном, Старый Свет занимает 35 о/о поверхности, а в Западном - Новый Свет - 20 о/о.

Еще нагляднее выступает неравномерность распределения суши и воды, если разделить землю на два полушария так, чтобы одно из них заключало возможно больше суши, другое воды. Полюс первого - материкового полушария получается во Франции около устья Луары /Круазик, 47°¼ N и 2°½ W./,[1] а полюс водного к SE от Н.Зеландии /47°¼ S и 177°½ 0./

В них приходится: в материковом 47 о/о суши и 53 о/о воды, а в водном 9 о/о суши на 91 о/о воды. Замечательно что даже в континентальном полушарии преобладает водная поверхность.

В звездной проекции Штейнгаузера хорошо видно, что водная масса - мировой океан, охватывая землю в высоких южных широтах сплошным кольцом, расходится оттуда, окру-

---

I/ A de Lapparent помещает его в Берлине. Leçons de Géographie Physique Paris. 1907.

жая континенты непрерывной массой. Напротив, материки, обнимающие Северное Полярное море, расходятся отсюда звездообразно суживаясь все более и более к югу и заканчиваясь заостренными мысами; они совершенно обрываются на 56° S мысом Горн. Материки представляют собою острова, окруженные мировым океаном.

На севере континенты близко подступают к полюсу: Европа - 71°10' N, Америка - 71°50' N, Азия -77°42' N, на юге же они далеко не доходят до полярного круга: Игольный - 34°50'S, Тасмания - 43°39' S, м. Горн. - - 55°59'S. На севере материки сближаются, так что ширина Берингова пролива всего 90 км., а от Норвегии до Гренландии 1750 км., на юге же оконечности материков удалены друг от друга на тысячи километров: Мыс Горн - - м. Доброй Надежды - 7500 км., м. Горн - Тасмания ± 11000 км., м. Доброй Надежды - Тасмания - 11000 км.

Таким образом, фигура физической поверхности земли далека от симетрии. Наоборот, можно сказать, что ей свойственна до некоторой степени противоположность выступов и впадин. Так, если взглянуть на карту антиподов, то видно, что лишь одна двадцатая доля суши имеет своими антиподами также сушу. Антиподами всей массы Европа - Азия - Австралия - является океан, за исключением Испании, антиподом которой служит Н.Зеландия, и треугольника Байкал - Пекин - Сиам, имеющего антиподом часть Южной Америки. Еще на Севере Сибири небольшой кусочек имеет антиподом часть Антарктического континента.

Подразделение мирового океана.

Мировой океан, как указано выше, представляет непрерывную массу, тем не менее материки разбивают его на большие части которым исторически присвоено название отдельных океанов и которые не везде имеют естественные границы. Практические потребности заставили опреде-

лить искусственные границы, каковые и были установлены Королевским Географическим Обществом в Лондоне в 1845 г. Было принято, что существует пять океанов: два Полярных, Атлантический, Тихий и Индийский. Естественными их границами являются материки, а искусственные были установлены следующим образом.

Северный Полярный океан в Беринговом проливе, Денисовом проливе и между Гренландией и Европой ограничен полярным кругом.

Южный Полярный океан ограничен южным полярным кругом.

Тихий океан имеет границы: западные берега Америки мыса Горн /кругло 67° N/, южный полярный круг, меридиан южного мыса на о-ве Тасмания /кругло 147° E/, берега Австралии, западные берега островов: Тимор,[1] Ява, Суматра, линия поперек самого узкого места Малаккского пролива, берега Азии и Северный полярный круг.

Атлантический океан - берега Европы, Азии, Африки, меридиан мыса Доброй Надежды /кругло 20° E/, южный полярный круг, меридиан мыса Горн, берега Америки и северный полярный круг.

Индийский океан - берега Африки, Азии, южные и западные берега островов Суматра, Ява, Тимор, берега Австралии, меридиан южного мыса на о-ве Тасмания, южный полярный круг, меридиан мыса Доброй Надежды.

По инициативе Крюммеля в физической географии в настоящее время принимается другое подразделение мирового океана, основанное на их физико-географических особенностях /физиографических/. Отдельными океанами или самостоятельными морями считаются только те боль-

----

1/ К Тихому океану следует причислять по рельефу и обмену глубинных вод моря Целебес, Банда, Флорес и Саву /между о-вами Флорес, Сумба, Саву и Тимор/ Значит граница Тихого океана лежит по южному берегу о-вов: Тимор, Саву, Сумба, Сумбава, Ломбок, Бали, Ява.

шие бассейны, которые имеют самостоятельные системы течений морских и воздушных и самостоятельную систему приливов /кроме того, искуственные границы заменены естественными, там, где таковые существуют/. На этом основании сохранились только три океана: Тихий, Атлантический и Индийский, разделенные между собою материками и к югу от них теми же условными меридианами, но южные границы их отодвинуты до Антарктического континента, вследствие чего прежний Южный Полярный океан исчез, а Северный, как не самостоятельный бассейн, отнесен к числу морей Атлантического океана, с которым он имеет более широкое сообщение.

Океаны местами более или менее вдаются в континенты, получаются их разветвления, носящие название несамостоятельных морей /по Крюммелю - придаточные/. Несамостоятельные моря в свою очередь разделяются на I/средиземные и 2/ окраинные /краевые/.

I/ Средиземные моря глубоко вдаются в сушу, соединяются с океаном лишь немногими /или одним/ проливами.I/ Эти моря подразделяются на : а/между-материковые, т.е. расположенные между различными материками. Они отличаются большой глубиной. Таковы: Северное Полярное, Средиземное Романское /Европейское/, Красное, Австралийско-Азиатское и Американское Средиземное/.

б/ Внутри-материковые, вдающиеся в один материк. Они не велики и не глубоки. Таковы: Белое, Балтийское, Черное, Персидский залив, Гудзонов залив.

2/ Окраинные моря отделяются от океана грядами островов, иногда полуостровами, и к материкам только прилегают, имея свободное сообщение с океаном, по крайней мере с одной стороны, а потому и физические условия этих морей зависят от океана. Таковы: Немецкое море /собственно залив/,Андаманское, Восточно-Китайское с Желтым, Японское, Охотское, Берингово.

I/ Или же отделены от океана со всех сторон островами, как Австралийско-Азиатское.

Площади океанов без принадлежащих им морей таковы:

	Млн.кв.км.		Поверхности мирового океана в процентах.	
Тихий океан	165,7		46 о/о	
Атлантический океан	81,7		23	
Индийский океан	73,4		20	
Средиземные моря	32,4	40,5	9	11
Окраинные моря	8,1		2	

Тихий океан занимает почти половину всей водной поверхности; его поверхность равна поверхности всей суши плюс удвоенная Австралия /Шотт/.

Все моря в сумме имеют поверхность лишь около половины каждого из двух других океанов, которых поверхности приблизительно одинаковы и составляет каждая половину Тихого.[1]

Подразделение суши и важнейшие морфологические черты континентов.

Вся суша на поверхности земли группируется в двух массах, Восточной и Западной. Это - Старый Свет и Новый Свет. Причисляют к первому и Австралию; она хоть и представляет собою отдельный от Старого Света остров, но связана с ним непрерывной цепью островов.

Европу принято считать за самостоятельный континент. С морфологической точки зрения такое выделение совершенно не обосновано: связь ее с Азией так тесна, что разделяющая их граница определена только на протяжении Уральских гор, далее же река Урал представляет собою лишь условную границу, которую следовало бы заменить Мугоджарскими горами и плато Усть - Урт, на Кавказе границу иногда проводят по хребту Кавказских гор, но естественнее принять за

1/ Насколько неподходяще было название океанов для прежних Северного и Южного полярных видно уже из того, что поверхность первого немного менее 4 о/о, а второго немного более 4 о/о от всей водной поверхности.

нее низменность Манича, которая являлась водным соединением Черного и Каспийского морей еще в недавнем геологическом прошлом. Европу следовало бы считать просто западной частью Азии, ее полуостровом. „Но", говорит А.Зупан : „было бы мелочным педантизмом и напрасным трудом стараться разжаловать ее теперь в придаток к Азии." Однако, часто, говоря о континентах, для точности оба материка соединяют под одним названием „Евразии".

Африка почти отделена от Азии, с которой соединяется только Суэцким перешейком; когда то эти два континента составляли одно целое и разделение их произошло геологически не так давно, когда образовалось Красное море, первоначально соединявшееся с Средиземным, а еще позже отложения Нила образовали Суэцкий перешеек, снова соединивший эти материки.

Новый Свет принято считать состоящим из одного материка - Америки, но это не основательно с точки зрения физико-географической. Ранее Северная Америка и Южная существовали разделенными и только в последствии выдвинулась из воды Центральная Америка, соединившая оба континента.

Поверхности континентов таковы:

Европа - 9,2 мил.км.^{2}	Африка - 29,2 мил.км.^{2}
Азия - 41,5 " "	Австралия - 7,6 " "
Сев.Америка - 20,0"	Юж.Америка - 17,6 "
Сев.материки- 70,7"	Юж.материки- 54,4 [1]

Северные континенты, Евразия и С.Америка отделены от южных, Африки, Австралии и Ю.Америки поясом Средиземных морей - Американского, Романского, Красного и Австралийско-Азиатского, которые все расположены приблизительно по большому кругу, несколько наклоненному к экватору. Все эти моря образовались вследствии опускания земной коры, обвала ее, и вдоль всего этого

1/ Если сюда присоединить вероятную площадь Антарктиды /около 14 мил.км.^{2}/, то поверхности северных и южных материков окажутся почти равными.

пояса мы видим целый ряд вулканов, действующих еще и до ныне. Эта полоса носит название пояса разлома земной коры.

Все материки суживаются к югу: Евразия, Африка, обе Америки и Австралия у которой эта особенность не так заметна вследствие отделения Тасмании. Северные материки сильно расчленены, наоборот южные обладают очень простыми очертаниями. В последних можно найти и другие общие черты, напр. Гвинейский залив соответствует Австралийскому и Арике, мыс Гвардафуй - С.Року и мысу Иорк.

В Старом Свете выделяется пояс нагорий, соединяющий все три части света в направлении с запада на восток Его составляют Пиринеи, Альпы, от которых отделяется ветвь Аппенины и даже переходят в Африку в виде Атласа, горы западной части Балканского полуострова, Карпаты и Балканы, далее после перерыва Крымские, Кавказские, мощные плоскогорья Азии: Мало азиатское, Армянское, Иран, Центральная Азия. Отсюда горные цепи расходятся в разные стороны: Гиндукуш, Гималаи, Куэнь-Лунь, Памиры, Тянь-Шань, затем Алтайские, Яблоновый хребет; в южном направлении за Тибетом идут нагорья Индо-Китая; они переходят в Зондские острова, Новую Гвинею.

Другую черту Старого Света составляет зона Пустынь Гоби, Аравия, Сирия, Сахара.

Низменности, так же, как и горы, тянутся в Старом Свете преимущественно по параллелям, как самая обширная на земном шаре Русско-Сибирская.

В Новом Свете пояс нагорий имеет меридианное направление на всем протяжении обоих континентов за исключением Центральной Америки. Это Кордильеры. На юге они несколько изгибаются и направляются через Огненную Землю к Земле Грэама. Как и в Старом Свете он местами расширяется и образует плоскогорья, из кото-

рых наиболее это пустыня Большого Бассейна и Плато Колорадо в С.Америке и Боливийское в Южной. Этот пояс нагорий особенно отличается от пояса Старого Света тем, что он идет непосредственно вдоль самого океана, тогда как тот возвышается в средней части материка.

Восточнее Кордильер, вдоль них расположена низменность, снова несколько повышающаяся к берегам Атлантического океана.

Горизонтальное расчленение суши. Острова.

Суша разделяется на материки и острова. Как те, так и другие окружены со всех сторон водой, но материками называют большие части суши, а островами малые. Более точного определения дать нельзя, но это не может вызвать неясности, так как разница в величине поверхности наименьшего из материков и наибольшего острова достаточно велика. Именно, поверхность Австралии 7,6 мил.км.^{2}, а Гренландии около 2,2 мил.км.^{2} 1/ И то Гренландия является как бы промежуточным звеном между материками и островами, тогда как поверхность следующего за ней по величине острова - Н. Гвинеи уже гораздо меньше, всего 0,8 мил. км.^{2}

Поверхность всех островов вместе составляет 10,6 мил.км.^{2}, т.е. около 7 о/о от всей суши, /примерно вдвое более поверхности Европ. России/; из этого количества больше половины - 6,5 о/о /6,9 мил.км.^{2}/ приходятся на 24 острова, каждый площадью больше 50.000 кв.км. и всего лишь 3,7 мил.км.^{2} составляют поверхность огромного количества остальных островов. 2/

Редко острова бывают одиночными, как остров Св.Елены, Вознесения и др., двойные встречаются чаще: Великобритания, Н.Земля, Н.Зеландия, но по большей части они располагаются группами. Группы, в которых острова

1/ 2170000 мил.км.^{2}

2/ Эти 24 крупные острова следующие: Гренландия, Н.Гвинея, Борнео, Баффинова Земля, Мадагаскар, Суматра, Великобритания, Ниппон, Целебес, Ю.остров Н.Зеландии, Ява, С. остров Н.Зеландии, Куба, Ньюфаундленд, Люцон, Исландия, Минданао Ирландия, Иессо, Гаити, Сахалин, Тасмания, Цейлон, Н.Земля - Сев. остров.

располагаются неправильно, хотя по большей части рядами, называют архипелагами. Часто группы представляют вытянутые ряды островов, гирлянды, как Курильские, Антильские. Большинство островов, и в том числе все самые крупные, расположены вокруг материков. Группы островов также очень различны по величине, так Зондский архипелаг /Малайский/ занимает 2,8 мил. км^2., а Северо-Американский - I,4 т.е. они заключают в себе около половины всей островной площади. Наоборот I80 Бермудских островов имеют поверхность всего 50 км^2.

Существуют несколько попыток классификации островов; главное значение придают тому обстоятельству, был ли остров когда нибудь соединен с материком или нет, потому и острова делятся на материковые и исконные. Это важно в биологическом отношении На островах первого рода флора и фауна тем меньше отличаются от материковых, чем позже отделился остров. На островах исконных органический мир беден, так как заселение их с материка очень затруднено.

Такое подразделение островов находится в согласии с наблюдениями над возникновением островов в историческое время: материковые образуются путем отделения от материка, исконные - вырастают с морского дна, /как выражается А.Зупан/.

Материковые острова имеют ту характерную особенность, что их геологическое строение и состав не отличаются от прилежащей части материка. Они отделяются от континента вследствие разрушительного действия морского прибоя - морской эрозии, опускания суши и сбросов.

Прибой, постепенно разрушая берега, отделяет от них более устойчивые массы, которые и являются островами. Таковы бесчисленные острова, окаймляющие берега Норвегии, западный берег С. Америки в его северной части, южные берега Чили. Подобным же путем образуются острова и около низменных плоских бере-

гов, как напр. Фрисландские , оторванные от континента в историческое время. Играет ли морская эрозия такую же важную роль при образовании значительных островов - - еще не выяснено, однако ей некоторые приписывают отделение Великобритании от Европы, тогда как другие думают, что она, как и Ирландия и Ньюфаундленд отчленились вследствия опускания суши, и возникновение их было лишь ускорено действием прибоя.

При опускании суши или поднятии уровня моря, какие явления наблюдаются и в настоящее время, низменные части прибрежья могут быть затоплены, а возвышенности могут превратиться в острова. Такими островами сопровождаются полуострова: Балканский, Апеннинский, Индо-Китай и полярная Америка с Лабрадором. Ряды Цикладских островов по геологическим исследованиям представляют собою вершины опустившегося нагорья - продолжения Аттики и Эвбеи.

Сбросы также могут повлечь за собою образование островов, если эти сбросы окружают некоторую область. Так полагают, что острова греческого архипелага это выступы, уцелевшие среди обширных котловидных сбросов. Также вероятно возникли Корсика и Сардиния.

Дуги островов Восточной Азии, Антильские острова и другие связаны с горообразующими процессами. Эти острова, Японские, Зондские все это части горных систем. Такого же происхождения Н. Зеландия и Мадагаскар, представляющие остатки некогда обширных континентов и потому причисляемые к континентальным островам. Оба эти острова поднимаются с больших глубин и лежат на большом расстоянии от современных материков, особенно первый, который находится среди океана.

Исконные острова подразделяются в зависимости от их происхождения на : а/ острова поднятия, в/ острова наносные /насыпания/ с/ вулканические и д/ рифовые /коралловые/.

а/ Острова поднятия. Примеры появления островов вследствие поднятия известны в историческое время. Так возник остров Харрилайд между Даго и Вормсом около берега Эстляндии на месте прежнего мелководия. У северных берегов Новой Земли в 1871 г. были открыты Гольфстромовые острова на том месте, где в 1594 г. была отмечена песчаная мель. Также вероятно произошли острова, открытые в 1905 г. в местности бухты Якутат /Аляска/; их появление связывают с землетрясением 1899 г.

в/ Наносные острова образуются путем отложения наносов из продуктов разрушения берегов. Они являются спутниками как континентов, так и островов различного происхождения.

с/ Вулканические острова происходят благодаря вулканическим извержениям на дне океана вследствие нагромождения продуктов извержения. Но надо отличать их от континентальных островов, на которых развита, хотя бы и в сильной степени, вулканическая деятельность, напр. Ява, Курильские и т.п.

Вулканические острова встречаются иногда лежащими совершенно изолированно, напр. остров Св.Елены, Вознесения; в других же случаях располагаются группами, как Гаваи. Кроме упомянутых к вулканическим островам относятся: Фернандо Норонь Кергуелен, Фарерские, Св.Павла в Индийском океане, Аннобон и Св. Фомы в Гвинейском заливе, Ревилла Гигедо в Тихом и многие из островов Полинезии. Внешний вид их соответствует виду одного или нескольких слившихся вулканов /Гаваи/, более или менее размытых дождями и разрушенных прибоем.

Примеры возникновения вулканических островов наблюдались неоднократно. В 1831 г. появился и вскоре затем снова исчез о-в Фердинандеа между Сицилией и Африканским берегом, Дидика к северу от Филиппин.

Особенно тщательны наблюдения над возникновением и преобразованием островов Иоанна Богослова среди Алеутских с 1769 г. по настоящее время.

К вулканическим островам надо отнести и те недолговечные грязевые, которые иногда возникают при извержениях ила на дне моря. Такие случаи неоднократно повторялись в Каспийском море и в Зондском архипелаге. Во многих местах в океане с глубокого дна круто поднимаются подводные возвышенности не достигая поверхности иногда всего на несколько сот метров. Происхождение их вероятно тоже вулканическое.

д/ Рифовыми островами Зупан называет такие, которые своим существованием обязаны исключительно рифообразующим организмом, не относя сюда тех, которых появление было обязано поднятию. Мы будем их называть коралловыми.

Коралли, из которых состоит масса, образующая остров, представляют собою соединения в виде стволов и ветвей известковых скелетов слизистых полых животных, называемых полипами. Скелеты вновь появляющихся животных нарастают на прежних, более старые умирают, так что на отдельных стволах, достигающих до 9-ти мет. в поперечнике, живые экземпляры занимают лишь поверхностный слой не толще нескольких сантиметров. Для их развития необходимы твердое дно, чистота воды, температура не ниже 20°, даже в самый холодный месяц, определенная соленость и достаточное движение воды. Потому они встречаются только в тропическом поясе вне холодных течений и на не больших глубинах не более 40 м. /предельная 90/, взависимости от вида полипов.[1/]

Часто в одной колонии находятся различные виды. По мере размножения особей, коралловая постройка растет в вышину и в ширину, достигая современем уровня малой воды. Некоторые виды вырастают даже за этот предел до I/3 высоты прилива, напр. Порити. Однако кораллы образуют только основу рифа, а в об-

---

I/ Глубоководные кораллы не строят островов.

щей массе преобладают другие вырабатывающие известь организма, как фораминиферы и известковые водоросли, / Nulliporae, Lithothamnium /; благодаря им увеличивается связность /твердость/ постройки так же, как и вследствие того, что волны обламывая кораллы, истирают их в порошок, который заполняет щели постройки. Волны также выбрасывают обломки на поверхность постройки и риф мало по малу начинает возвышаться над поверхностью воды. Скорость роста рифов по ф. Леверту доходит до 20 см., в год, а по Гардинеру всего до 3 см.

Различают коралловые рифы окаймляющие и самостоятельные. Проще разделить все коралловые образования на рифы и острова.

Окаймляющие /каймовые/ рифы так названы потому, что они окаймляют материки или острова; они бывают береговыми и барьерными /иначе рифовые валы/.

Береговые рифы нарастают непосредственно у самого берега за исключением тех мест, где берег сразу обрывается на большую глубину или где впадают реки, мутящие и распресняющие воду. Внешний край рифа обыкновенно повышен, так как на нем особенно пышно развиваются нуллипоры. К берегу риф несколько понижается и образует низкий и мелкий канал, поддерживаемый течением во время отлива. Поверхность их гладкая и едва прикрывается при отливе. Ширина их достигает до 90 м. Острова на них редки.

Барьерные рифы тянутся вдоль берега на большом от него расстоянии. Так риф вдоль северо-восточного берега Австралии расположен на 30 - 50 км. от него и более, и идет на протяжении около 2000 км. Глубина канала между ним и берегом от 20 до 100 м. По большей части барьерные рифы окаймляют отдельные острова или группы островов не кораллового происхождения. Глубина канала здесь от 2 до 100 м., дно его бывает

покрито коралловым песком и илом или рифами. Канал, образующий в этом случае лагуну, сообщается с морем посредством многих других каналов. На рифе обыкновенно бывает много коралловых островов.

Самостоятельные рифы появляются на возвышениях морского дна. На банках мелкого моря они покрывают дно на подобие коры, это коровые рифы по Пенку. Они встречаются в Вест-Индии, около Филиппинских островов, в Зондском архипелаге, к северу от Мадагаскара и вдоль северо-западного берега Австралии. В глубоком море вырастают кольцевые рифы или атоллы, как называют эти коралловые острова. I/

Атолл - это коралловый остров кольцеобразной формы, причем внутри кольца находится лагуна. Иногда среди лагуны возвышается островок, иногда даже не один, некораллового происхождения. Величиной атоллы бывают от самых маленьких и километров до 80 - 100 в поперечнике, напр. Сувадива в группе Малedив.

Ширина самого кольца не велика, часто ½ км., редко до I км., высота его незначительна, обыкновенно до 2½ м., но некоторые коралловые острова вследствие понижения уровня достигли значительной высоты. Кольцо бывает прорезано несколькими каналами, соединяющими лагуну с морем. Редко встречаются вполне замкнутые атоллы; обыкновенно кольцо составляется из нескольких отдельных островов, соединенных между собою рифом. Острова эти обычно покрыты растительностью, среди которой преобладает кокосовая пальма. Чертеж /4-ый/ представляет разрез через атолл.



Черт. № 4

I/Не все коралловые острова представляются атоллами. Иногда в открытом море они имеют вид больших плоских масс с неправильными очертаниями и с отверстиями. Часто они имеют форму гриба; их называют обролъуж /Abrolhos/, по имени архипелага. (Or)

Со стороны океана атоллы бывают очень приглубы, а вплотную к берегу они имеют террасу, обнажающуюся при отливе. Подводные горы, на которых насажены атоллы характеризуются крутым обрывом в верхней части и пологим склоном внизу. Так атолл Фунафути в группе Илляйс поднимается над рифом, который на глубине 60 - 260 мм. обрывается местами отвесно, глубже угол склона уменьшается, до 30° на глубине 700 м.и ко дну основание подводной горы становится все более пологим. Гора имеет 45 км. в поперечнике и окружена глубиной в 5500 м.; форма типичная для вулканов. Иногда подводные возвышенности сливаются и тогда атоллы имеют сложную форму.

Кольцевая форма атоллов и другие их особенности издавна привлекали к себе внимание, но и до сих пор не объяснены вполне удовлетворительно. Ч. Дарвин предложил теорию, развитую потом Джемсом Дена и вновь подтвержденную Девисом,[I] связывающую в одно целое все формы рифовых образований, и объясняющую происхождение аттолов ростом корралов вверх наравне с постепенным повышением уровня. По этой теории каждый атолл представлял собою первоначально береговой риф вокруг острова. /Черт.5 a/. При повышении уровня,

Черт. № 5



I Стадия
Береговой риф (kk)
a

2 Стадия
Рифовый вал (WW)
b

3 Стадия
Атолл (AA)
C

I/ Geogr. Journal. May 1920 - W. M. Davis - The Islands and Coral Reefs of Fiji, p 377.

так как полипы, не способны жить на больших глубинах, их постройка растет вверх, внешняя стена рифа повышается, между нею и берегом образуется канал, т.е. получается барьерный риф. /черт. 5 в/. Если уровень продолжает подниматься, то центральный остров наконец исчезнет и покроется кораллами и останется только атолл. /черт. 5 с./ По этой теории каждый атолл есть памятник над погребенным островом.

В некоторых местах, напр. в архипелаге Фиджи, на небольшом пространстве встречаются все переходы, начиная береговыми рифами и кончая атоллами с центральным островом и без него. Это можно объяснить неравномерным опусканием морского дна, его выгибом, или равномерным изменениям уровня в местности с разнообразными возвышенностями дна. Другим местностям свойственна лишь форма атолл. Таковы в Индейском океане о-ва Лакедивские, Малединские и Чагос; в Тихом зона атоллов идет от Королинских островов через Маршальские, Джильберт, Илляйс, Феникс, Токолау, Манахики до Паумоту. С севера и с юга к этой зоне примыкают области с преобладанием береговых рифов.

В некоторых местах найден коралловый известняк на суше, гораздо выше уровня моря, как например на островах: Лояльти, Фиджи, Тонга, коралловые рифы подняты на высоту в несколько сот метров. Несомненно следовательно, что здесь уровень океана понизился, хотя рядом расположены атоллы. Это обстоятельство считали противоречием теории Дарвина, но оно не представляется таким, потому что понижению уровня могло предшествовать повышение его в тот период, в который образовались атоллы.

Бурения, произведенные на коралловых постройках с целью определения их толщи, показали, что она бывает различна. Одни рифы поднимаются с большой глубины /глубокие по Зупану/; так на атолле Фунафути

/группа Иллийс/ буровая скважина, доведенная до глубины 334 м. не достигла основания кораллового рифа. Другие рифы оказываются небольшой мощности; в Соломоновом архипелаге они имеют всего 45 - 60 м. глубины, а ниже идет другая порода /по исследованиям Гуппи

Исследования Voeltzkow'а обнаружили в западной части Индийского океана, что многие рифы, считавшиеся коралловыми, имеют только поверхностную коралловую кору, а масса их состоит из кокколитового известняка.[I/] Не смотря на это некоторые из них имеют форму атолла.

Теория Дарвина приложима только к глубоким коралловым постройкам, в других же случаях возникновение коралловых рифов может быть вероятно объяснено иначе.

Агассис объясняет возникновение самостоятельных рифовых валов в архипелаге Фиджи тем, что вокруг острова вследствие его разрушения прибоем образовалась мелководная платформа, на которой и поселились кораллы развившиеся всего пышнее на ее окраине. Если абразия распространилась на весь остров, то на его месте возникал атолл. Также атоллы могут появиться на вершинах потухших подводных вулканов достаточной вышины или даже и выступавших из воды, но подвергшихся абразии.

Вероятность этого подтверждается тем, что на дне океана открыты банки, лежащие на отдельных подводных горах, вулканического происхождения имеющих крутые склоны; некоторые из этих банок имеют профиль атолла, хотя и лежат под водою.

Дж. Меррей объясняет возникновение атоллов таким образом. На подводных возвышенностях скопляются отложения известковых оболочек умерших планктонных организмов, тогда как вокруг этих возвышенностей на более глубоких местах они растворяются. Когда

I/ Кокколиты - микроскопические организмы, причисляемые одними к пелагическим водорослям, другими к фораминиферам.

глубина на возвышенности уменьшится достаточно для возможности жизни кораллов, они начинают расти и развиваясь сильнее по периферии, придают этим самым сооружению кольцеобразную форму. Что касается барьерных рифов, то они выросли на некотором расстоянии от берега, так как около него пресные сточные воды, мутя и распресняя воду, препятствовали развитию кораллов. А затем, по образовании лагуны соленость в ней должна была измениться по сравнению с океанской, почему риф будет иметь возможность развиваться только по периферии.

Если строить классификацию исключительно на морфологическом основании, то надо принять другое подразделение островов, так как предыдущее в этом отношении имеет недостатки. Действительно по изложенному выше два острова, принадлежащие к одной и той же форме рельефа суши, напр. к определенной возвышенности и имеющие с ней одинаковый состав и строение должны быть отнесены к различным типам, если один из них отделился от материка, а другой возник вследствие понижения уровня моря.

Другая классификация делит острова на континентальные и паразитные.

I/ Континентальные - того же состава и строения, как прилежащие части континентов. Образуются они или отделением или возникают при понижении уровня моря. Все на континентальном массиве. 2/ Паразитные, не имеющие ничего общего по своему происхождению с континентом и дном моря. Это вулканические и коралловые. Кроме них различают еще: наносные и плавучие острова, но последний тип, к которому относятся ледяные горы и фитогенные острова, совершенно излишний, так как эти острова временны, не имеют никакого значения и не подходят под определение острова, как не большая часть суши, окруженная водою. Континентальные острова делятся на: а/ Береговые /несамостоятель-

ные/ - рядом с берегом; носят характер берега и произошли путем отделения от него, д/ Самостоятельные острова мелкого моря уже резче отличаются от берега, бывают значительных размеров и недавно отделились, с/ Острова актической ступени (материкового склона) - еще дальше от берега, сходство с берегом заметно, часто располагаются дугами.

Флора и фауна континентальных островов. При суждении о возрасте островов и об их происхождении большую помощь оказывает биогеография.

Факт, что Британские острова имеют флору и фауну общую с Западной Европой, говорит нам, что они еще в современную геологическую эпоху были соеденены с материком. В противном случае большинство животных, особенно млекопитающие не могли бы перейти на острова через отделяющий их пролив.

Однако не все материковые виды организмов успели распространиться на Британию, а еще меньше на Ирландию; очевидно связь островов с континентом прервалось раньше необходимого для этого времени, а между островами еще раньше.

Уоллес дает такое число видов растений и животных на материке и на островах:

	Материк	Британия	Ирландия
Млекопитающие	90 /Германия/	40	22
Рептилии и амфибии	22 /Бельгия/	13	4
Наземные птицы	-	130	110
Тайнобрачные и папортники	-	1425	970

Кроме того, на островах существуют некоторые своеобразные виды животных /эндемичные/ и по количеству их можно до некоторой степени судить об относительном возрасте островов. Действительно, по большей части видовые признаки изменяются вследствие того, что переселившиеся на острова животные

приспособляются к новым условиям жизни и чем более остров изолирован, тем большее количество видов может измениться. Справедливость этого доказывается тем фактом, что на островах Килинг крысы, завезенные потерпевшим крушение английским судном, дали потомство отличающееся от своих сородичей величиной и цветом.

Уоллес дает такие числа эндемичных видов высших классов животных: Британские острова имеют 3 вида птиц; Гайнан - I вид млекопитающих и 20 видов птиц; Формоза - I4 млекопитающих, 43 вида птиц, и даже один род птиц ; Япония - 25 млекопитающих и II видов птиц.

В некоторых случаях состав органического мира может дать указания на время отделения острова от материка.

Так на Мадагаскаре встречается 33 вида полуобезьян; эти животные существовали на материках Старого Света в начале третичного периода, но затем вымерли, хотя немногие виды уцелели в Африке /I6 видов/. Поэтому можно думать, что Мадагаскар стал островом в начале третичного периода. Огромное количество эндемичных видов растений, 3000 из 4I00, вполне подтверждает это.

Н. Зеландия отчленилась от Австралии вероятно в меловом периоде или Юрском. Она совершенно лишена млекопитающих и змей и бедна насекомыми, зато имеет 4 эндемических семейства птиц, в том числе без крыл Киви и Моа теперь истребленный.

Надо указать, что эндемизм на островах может быть объяснен в некоторых случаях и иначе. Так известные организмы могли первоначально быть распространены на ограниченном участке, который и оказался отделенным от материка.

Этим объясняют богатство своеобразными растениями острова Боркум. В других случаях энде-

мичные виды сохранились на острове благодаря благоприятным условиям, в то время как на материке они погибли в борьбе за существование.

Пользоваться биогеографическими признаками надо однако осторожно и параллельно с геологическими, иначе можно впасть в ошибку. Надо помнить, что между островами и материком могла устанавливаться временная связь, а также, что весь прежний органический мир острова мог быть уничтожен временным погружением острова, или наводнением, или опустошительным извержением, и затем народился новый.

Флора и Фауна исконных островов. Заселение исконных островов может происходить только путем переселения, поэтому органический мир их, вообще говоря, беден. Млекопитающие на них почти совершенно отсутствуют за исключением летающих и плавающих, также и земноводные /амфибии/.

Наземные птицы распространены повсюду и не мудрено; некоторые из них совершают колоссальные перелеты, напр. исландский песочник - свыше 14000 км. от берегов Северного Полярного моря до Бразилии и Н. Зеландии. Из Сев. Америки 170 видов птиц ежегодно посещают Бермуды лежащие в 1100 км.

То же самое надо сказать и относительно насекомых, обладающих достаточной силой полета; кроме того их личинки и яйца могут переноситься на плавающих растениях. На Мадере нет только тех европейских жуков, которые не имеют крыльев или не способны к большим полетам. Вместе с тем на ней необычайно велико количество безкрылых насекомых. Дарвин объяснил это на основании принципа естественного отбора тем, что вследствие отсутствия безусловной необходимости пользования крыльями на острове, произошла атрофия этого органа у насекомых, которая полезна им при бурях, посещающих остров. У дру-

гих по этой же причине крылья должны были развиться сильнее чем на материке, и действительно это наблюдается: крылатые виды имеют крылья большей величины чем в Европе.

Растения переносятся ветрами, птицами и течениями. Ветры могут заносить споры и мелкие семена очень далеко; так распространяются по океаническим островам папортники. Птицы переносят семена, приставшие к их оперению и к ногам, но главное в желудке; они имеют свойство выделять непереваренными некоторые семена, которых способность прорастать от этого только увеличивается. Экваториальное течение занесло американскую кокосовую пальму на острова Тихого океана, а оттуда на Мадагаскар и Сейшельские острова. Пример быстрого заселения растениями представляет остров Кракатоа, на котором через 23 года после опустошительного извержения 1883 г. уже насчитывалось 92 вида цветковых растений.

Недостаточно, чтобы семена или особи какого нибудь растения были занесены на остров, надо еще, чтобы они здесь сохранились и развились. Из многих случаев занесения только в одном произойдет прорастание, поэтому надо, чтобы эти случаи повторялись в течении долгого времени для развития растительности на острове. Чем море более бурно, тем чаще это случается. Этим объясняется богатство флоры Азорских и Бермудских островов сравнительно с Галапагосскими.

Полуострова.

Береговая линия материков везде почти извилиста и местами образует полуострова, расположение очень неравномерно.

Поверхность полуостровов сравнительно с материками в процентах такова /по Г.Вагнеру/.

Северные материки.		Южные материки.	
Европа	29,3	Австралия	5.5
Азия	I9,I	Ю.Америка	0.3
С. и Центральн.Америка	I0,2	Африка	0.0

Значит полуострова более свойственны северным континентам, чем южным. Наиболее расчленена Европа, менее всех, можно даже сказать почти не расчленена, Африка.

Можно различить несколько типов полуостровов взависимости от их соединения с материком, начиная от крайнего континентального типа, каковым в Европе является Бретань-простой выступ суши,- до крайнего островного типа - Крым, соединен с материком узким и низменным перешейком.

Полуострова могут возникать двояким образом: путем отчленения при поднятии уровня моря и путем причленения при его понижении.

На отчленившихся полуостровах форма рельефа всегда однородна с прилегающей частью материка.

Таковы Истрия, Балканский полуостров, Малая Азия, Индо-Китай, Корея, Калифорния, Новая Шотландия, Ютландский. Апеннинский полуостров на первый взгляд тоже может быть отнесен к числу отчленившихся полуостровов, так как Апеннины - часть Альпийской системы, но равнина По образовалась в последний геологический период и заставляет отнести этот полуостров ко второй группе.

Причленившиеся полуострова и геологически и морфологически представляют собою самостоятельные части суши, независимые от материков. Обыкновенно они соединены с континентом низменностью позднейшего происхождения.

Таковы Иберийский полуостров, Индостан, Крым и Скандинавия. Ладожское и Онежское озера может быть являются остатками пролива, соединявшего Балтий-

ское море с Белым.

Флорида представляет собою комбинированный полуостров. Хотя Северная ее часть есть как бы продолжение атлантической береговой равнины, но на самом деле она причленилась к материку вместе с этой равниной. Средняя и Южная ее части являются частями Вест-Индии и приросли к полуострову позднее, поэтому флора и фауна южной части отличаются от северной.

Форма Апеннинского полуострова получилась в нынешнем виде тоже после причленения к нему нескольких островов, вот почему гора Гаргано имеет своеобразную флору и фауну. Такой же комбинированный полуостров и Балканский. Малакка была первоначально островом.

Морские берега.

Главные типы.

Очертания берега в главных чертах зависят от строения прилежащей части суши, причем направление береговой линии относительно соседних нагорий может быть различное

Если берег идет параллельно нагорьям, то он называется согласованным /конкордантным или продольным/. Восточные берега Тихого океана принадлежат к этому типу: они точно следуют протяжению Кордильеров. На западной стороне этого океана надо различать внешний и внутренний берег. Действительно, ранее чем океан соприкасается с берегом материка Азии, он встречает почти непрерывные гирлянды островов, начиная с Алеутских и кончая Новой Зеландией; их то и можно назвать внешним берегом, который также согласованный. Следовательно, этот тип берегов свойствен вообще Тихому океану, почему Зюсс и назвал его тихоокеанским.

В Атлантическом океане преобладает другой тип берегов, именно атлантический или несогласованный /дискордантный или поперечный/, т.е. направленный

не параллельно нагориям, но под углом к ним. Так, пояс нагорий Старого Света расположен перпендикулярно к Атлантическому океану, так же направлены древние возвышенности западной Европы. Очертания берегов такого типа гораздо разнообразнее, чем согласованных, да и берега этого типа в Атлантическом океане чередуются с согласованными в Скандинавии, Бразилии, Вест-Индии, Средиземном море.

Там, где прибрежные части суши образованы горизонтальными слоями, нельзя говорить о направлении берега относительно нагорий, это тип берега нейтрального. Таковы берега Индостана, северно-Китайской низменности и повидимому многие берега в арктической области.

Причины, производящие расчленение берегов.

Очертания берега в деталях могут быть чрезвычайно разнообразны, независимо от принадлежности его к одному из описанных трех главных типов. Они непрерывно изменяются, и вид их в данный момент есть результат сложного взаимодействия многих причин: разрушения, производимого морем, морских наносов и отложений рек, перемещений уровня и строения прибрежной части суши /работы моря, работы атмосферы, работы текучей воды/. Раньше чем перейти к изучению детальных форм берегов, мы рассмотрим действие всех перечисленных здесь факторов.

На первое место надо поставить работу моря. Она заключается в уносе, переносе и отложении осадков. Результат работы, т.е. вид берега, получается различный в зависимости от строения самой суши и ее профиля. В отношении профиля берега можно разделить на крутые /высокие/ и низкие /плоские/. Вообще говоря крутые берега свойственны нагорьям, а плоские - низменностям, но часты и исключения.

Иногда крутой берег прямо спускается в море отвесной стеной, но чаще обрыв переходит в узкое

побережье, постепенно опускающееся в море. Обыкновенно крутые берега и под водой имеют крутой склон, а плоские пологий, но далеко не всегда: крутые берега Британских островов поднимаются со дна мелкого моря.

Работа углубления рельефа, производимая переносом твердых материалов движущимися водами, вообще называется - эрозией, поэтому работу моря при выработке берегов можно назвать морской эрозией, а когда она стремится к сглаживанию рельефа, ее называют морской абразией.

Наиболее мощной из всех сил, работающих над преобразованием берега являются прибой. В 1894 г. в Бильбао штормовым прибоем был перевернут и сброшен с своего места бетонный массив в 1700 тонн.

По измерениям Стевенсона давление воды при ударе прибоя доходит до 30.000 кгр.на I кв.метр.

Сильнее всего прибой бывает когда волны движутся перпендикулярно к берегу и когда приглубый берег круто поднимается из воды; в этом случае получаются взбросы, достигающие 50 м. высоты. При пологом побережье большая часть энергии волны расходуется на преодоление трения и прибой не бывает так силен. Если волна набегает на берег не перпендикулярно, то скорость ее можно разложить на две составляющие: одна перпендикулярная к берегу произведет тот же эффект, как и раньше описанный, другая - параллельная берегу вызовет течение вдоль него, которое переносит материалы разрушения.

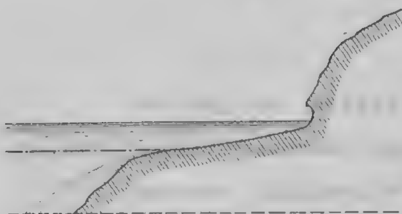
Прибой у крутых берегов.

Прибой, ударяя в крутой берег, сжимает воздух в трещинах скалы и разрыхляет породу, чему способствует также механическое и химическое действие воды. Отступая, волна увлекает с собою размельченные частицы породы, высасывает их из трещин. Самые удары прибоя отламывают куски скалы, они подхватываются волною, которая еще более увеличивает свое разрушительное действие, ударяя ими в берег в виде картечи. Прежде всего в скалистом береге возникает выемка

или ниша. Верхний край ее приходится на той высоте, которой достигают взбросы волны при полной воде, и еще выше - куда достигают брызги. Нависающие над выемкой скалы, постепенно лишаясь опоры обрушиваются, волны завладевают их обломками и еще с большей силой продолжают разрушение.

Выемка вновь образуется, и, таким образом, возникает береговой утес, который подвигается все дальше и дальше внутрь берега. Между ним и морем образуется слегка наклонная поверхность - прибрежная платформа /береговая терасса/, продолжающаяся под воду глубже уровня малой воды, так как разрушительное действие волн распространяется и на некоторую глубину. Обломки берега относятся волнами по прибрежной платформе в море и отлагаются у ее подножья, образуя ее продолжение в виде вала из щебня. При благоприятных условиях этот вал может образовать защиту для берега от дальнейшего разрушения. При отливе прибрежная платформа обнажается и бывает иногда усеяна обломками, иногда же очищена от них. Она зарастает водорослями и заселяется обильной фауной, что предохраняет ее от более глубокого разрушения.

Фиг. 8.



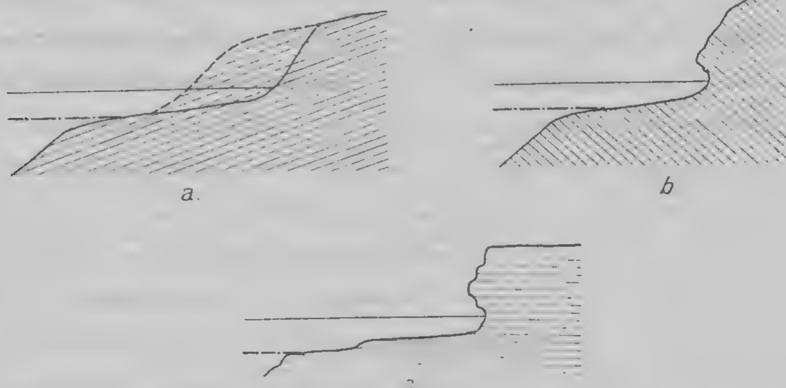
Разрушительное действие прибоя зависит очень сильно от того из каких пород сложен берег. Мягкие породы разрушаются очень быстро, твердые противостоят действию прибоя гораздо дольше, но и тут оно облегчается благодаря трещинам - диаклазам. В породах, легко поддающихся химическому действию морской воды, море выдалбливает пещеры и галлереи, которые в конце концов обрушиваются. Между размытыми частями берега твердые породы образуют выступы - мысы, некоторые из которых впоследствии совершенно отделяются от берега и образуют острова.

Не надо, однако, думать, что вследствие неоднородно-

родности состава берега, море может образовать глубоко вдающиеся изрезанные бухты. Нет, мягкие породы, легче разрушаемые, дают место только небольшим впадинам - заливам, а глубокие бухты образуются вследствие затопления долин при поднятии уровня моря.

Тектоническое строение берега, т.е. расположение слоев, также играет большую роль. Если слои спускаются к морю, то волны взбегают по ним, встречая небольшое сопротивление и разрушительное действие их ослабляется /черт. a/

Фиг.9.



Если же слои наклонены внутрь континента, то при выдалбливании ниши прибоем , над нею нависают головы пластов, которые легко обрушиваются, подставляя действию волн все новые и новые пласты /черт. b/.

Наконец, если слои лежат горизонтально /черт.c/, то прибой, ударяя в головы пластов, быстро вырывает нишу у основания берегового утеса, выше лежащие слои нависают, обламываются и разрушение быстро подвигается вперед; ему препятствует только то обстоятельство, что при таком строении берега, прибрежная платформа часто получает ступенчатую форму, ослабляющую силу прибоя. Если слои /их простирание/тянутся перпендикулярно к берегу, то более мягкие слои размываются, образуя бухты, а более твердые выдаются между ними мысами. Если берег состоит из однородных слоев, то получаются прямые стены; пример - кавказский берег между Поти и

Новороссийском.

Если уровень моря постепенно повышается, то прибрежная платформа будет все увеличиваться и в конце концов под водой получится обширная слегка покатая поверхность. Так некоторые объясняют происхождение материковой отмели /континентальной платформы/, окружающей все континенты до глубины 200 м. Если затем произойдет понижение уровня моря, то такая поверхность выступит наружу и образуется так называемая равнина морской абразии или морской денудации. Рамзай и Рихтгофен придают очень большое значение этому процессу и им объясняют сглаживание рельефа во многих складчатых областях.

Положение конечной линии абразии зависит только от силы прибоя. Филиппсон называет ее абразионной терминантой. Как бы ни были тверды породы, из которых сложен берег, прибой разрушит их и сгладит все до абразионной терминанты.

Прибой у низких берегов.

На плоском побережьи, вообще говоря, преобладает отложение осадков, но во время штормов, сопровождающихся большим нагоном воды к берегу, разрушительная сила прибоя бывает огромна и в это время опустошения, производимые им, тем больше, чем берег ниже. Пример - образование залива Зюйдерзее. В начале нашей эры его не существовало и острова Фрисландские составляли одно целое с сушей; только на месте южной части залива находилось озеро Флево. Разрушительные наводнения начались с IУ столетия и повторные катастрофы в XII, XIII и XIV столетиях придали ему нынешний вид. Здесь берег потерял со времен Цезаря около 6.000 кв.килом., из которых несколько больше половины были вновь отвоеваны у моря путем возведения плотин.

Эрозия приливо-отливных течений.

Кроме волн эрозию производят и приливо-отливные течения. Эти течения достигают значительной скорости в узкостях между островами, в проливах, в длинных сужи-

вающихся бухтах, в устьях рек, т.е. как раз в тех местах, где уменьшается сила прибоя. При повышении уровня течение отрывает частицы берега, а обратное - уносит их в море. Как например этого рода эрозии - можно указать на бухту Фунди, в южном рукаве которой дно на глубине 200 м. оголено приливо-отливными течениями от всяких отложений. В голове этой бухты перешеек, соединяющий полуостров Новую Шотландию с материком, имеет в ширину всего 20 км. и работа течений вероятно когда нибудь отделит совершенно Новую Шотландию.

Прибрежные наносы.

Разрушение берега и образование новых отложений идут параллельно и часто наблюдаются на смежных участках. Так западный берег Голландии от Гельдера до Бергена с I843 по I89I г. переместился в сторону суши, а южнее Бергена за это время он выдвинулся в море. Тоже самое наблюдалось на острове Нантукет /Массачузетс/. Новые отложения образуются иногда на самом берегу, главным образом из приносимого волнами песку, иногда же в прилежащей к берегу мелководной полосе и, постепенно вырастая, показываются над уровнем моря. Как уже было указано раньше, волны, направленные под косым углом к берегу переносят материалы, образующиеся от разрушения, отчасти вдоль берега, отчасти относят их на более глубокие места. Здесь, если береговое течение встречается с другим, ослабляющим его силу, материалы отлагаются и таким образом возникают намывные острова; это часто бывает вблизи устьев рек.

Прибрежная платформа является также местом отложений. Пока она параллельна течению, материалы переносятся вдоль нее, но там, где берег загибается и оказывает течению препятствие, материалы отлагаются и получаются новообразования, хотя и не прочные. Если берег здесь образует бухту, где движение волн сильно замедляется, то образуется плоская очень слабо наклоненная полоса песчаного или покрытого галькой берега - это песча-

ний пляж. Во многих местах на некотором расстоянии от берега образуется из отложений так называемый береговой вал, который часто тянется вдоль почти прямолинейных берегов. Иногда он пересекает бухты, опираясь на выдающиеся мысы.

Береговой вал может достигать значительной ширины и на нем образуются иногда дюны под действием ветра из песку, постоянно доставляемого сюда морем.

Если берег делает изгиб, отдаляясь от направления берегового течения, то это течение продолжает безпрепятственно переносить материалы по первоначальному направлению, отчего в месте изгиба они отлагаются и образуют косу / haken /, составляющую продолжение прежнего направления берега; сначала коса направляется прямолинейно, а конец ее загибается крючком по течению; иногда она бывает и совершенно прямолинейной - это стрелка. Коса может совершенно перерезать бухту и отделить часть ее в виде лагуны; если в лагуну впадает река, то коса разрезается каналом; эти косы носят немецкое название nehrung, а лагуны - гафов / haff /, во Франции же - прудов /étangs/. Реки, впадающие в лагуны, заполняют их постепенно осадками, и таким образом, города, расположенные на лагунах могут быть совершенно отрезаны от моря, как Равенна. Если у какого нибудь берега существуют два тече-

Фиг.10.



ния противоположного направления, действующие одновременно или поочередно, они приносят материал в одно и то же место. Это случается в проливах, отделяющих острова от берега; тогда образуется коса, соединяющая остров с берегом; она может быть и не одна, как это видно в Аржентарио. Такие косы называются tombolo.

Фиг. II.



Описанные здесь все новообразования на берегах далеко не уравновешивают потери суши в борьбе ее с морем; в этой борьбе море всегда берет верх.

Устья рек.

Реки также участвуют в выработке очертания берегов. При впадении в море скорость течения реки уменьшается и несомненно твердые частицы оседают на дно, тем быстрее, что в соленой воде, как-то показывают наблюдения, осаждение происходит скорее, чем в пресной. Таким образом в устье реки и перед ним в море образуются отмели, банки и бары. При благоприятных условиях эти отмели растут, выдвигаются над водой, отделяют от моря лагуны, которые постепенно заполняются осадками, река разделяется между образовавшимися островами на рукава и устье ее выдвигается постепенно в море в виде дельты.

Другие реки дельт не имеют, наоборот, их устья расширяются в виде долин, как бы затопленных морем. Такие устья называются эстуариями.

В устье реки всегда происходит борьба между

рекою и морем. Река стремится выдвинуть дельту, прибой и приливные течения разрушают ее и отодвигают назад, а береговое течение старается выравнять берег, сделать его прямолинейным.

Если дельта реки выдвинута, значит река одерживает верх над морем. Быстрее всего растет повидимому дельта Миссисипи, для SW прохода на 103 м. в год, затем Терека-около 95 м. / Зупан. /, но раз образовавшаяся дельта может подвергнуться и разрушению; так дельта Эмса, существовавшая еще в эпоху римлян, исчезла совершенно.

У некоторых рек подводные отложения имеют вполне дельтообразную форму, почему их называют подводными дельтами.

Причины образования дельт до сих пор не вполне выяснены. Очевидно, что возникновению дельты благоприятствует большое количество взвешенных в воде реки твердых частиц, но Жиронда /Гаронна/ не имеет дельты, хотя она выносит в море в 66 раз больше ила, чем Висла, образующая дельту. Наоборот, приливо-отливные течения должны препятствовать образованию дельт и, действительно, многие реки, впадающие в океан, дельт не имеют, тогда как впадающие в моря, где приливы незначительны, образуют дельты. Большинство рек, впадающих в Атлантический океан, имеют устья в виде эстуариев. Таковы все реки Англии, Эльба, Везер, Эмс, Сена, Луара, Гаронна, Тахо, Конго, Св.Лаврентия, Амазонка, Рио-де-ла-Плата. Устья же рек, впадающих в Средиземное море, имеют в большинстве случаев дельту: Эбро, Рона, Тибр, По, Нил. Также имеют дельты: Дунай, впадающий в Черное море, Волга в Каспийское, Миссисипи - в Мексиканский залив, Меконг - в Китайское море. Но многие примеры противоречат этому: Ганг, Инд, Нигер, не смотря на приливы, имеют большие дельты, а Меррей и Колумбия дельт не имеют, хотя приливы в их устьях

слабы, так же, как реки южной России, оканчиваются эстуариями - лиманами, хотя в Черном море приливов, можно сказать, нет.

Наконец, иногда реки впадают в море на не большом расстоянии друг от друга, и одна из них имеет дельту, другая - эстуарий. Рядом с дельтой Нигера расположен эстуарий Конго; Лена имеет дельту, а впадающие в то же Северное Полярное море Обь, Енисей, Хатанга и Колыма оканчиваются эстуариями.

Несомненно в образовании форм речных устьев играет роль перемещение уровня моря.

Узкая долина эустуария указывает на то, что когда то во время ее образования происходило общее возвышение местности или понижение уровня моря; тогда река в устье и прорыла эту долину. Если после этого суша начнет опускаться /или подниматься уровень моря/, то море захватит долину и образуется эстуарий. Что такие колебания уровня происходили в действительности доказывается тем, что близ устья некоторых рек на дне современного моря сохраняется древнее ложе реки.

Ог /Haug/ предполагает, что дельта начнет образовываться, когда после периода неизменного уровня он вновь начнет повышаться; тогда эстуарий будет засыпаться осадками и постепенно будет нарастать дельта при подходящем наклоне и протяжении прибрежной платформы, конечно, если тому не будут мешать течения. Таким образом эстуарии и дельты являются лишь последовательными фазами в истории реки.

Цикл берегового расчленения.

Совместное действие морской эрозии и отложения на берегах приводит к наиболее возможному упрощению береговой линии - к выравниванию ее.

Разрушение мысов, соединяясь с заполнением отложениями бухт, должно привести к образованию почти прямолинейного берега или составленного из очень

пологих кривых. Можно сказать, что расчленение берегов совершает цикл, заканчивающийся выравненным берегом, /регулированным/ и что береговая линия проходит через стадии молодости /юности/, зрелости и старости.

Линия берега, недавно образовавшаяся вследствие повышения уровня моря или опускания континента, имеет формы угловатые, извилистые очертания, в которых полуострова соответствуют возвышенностям континента, а бухты впадинам. Это юность берега Но как только начинает свою работу море, эрозия накладывает свою печать на контур берега; мысы изрезываются, от них отделяются острова, склоны возвышенностей преобразуются в обрывы и утесы; бухты преграждаются отложениями. Через несколько времени островки исчезают, обрыв отступает и выравнивается, приближаясь к прямолинейному; бухты заполняются; это зрелость. Наконец, если к этому времени образовалась настолько широкая прибрежная платформа, чтобы задержать атаку волн на обрыв, берег достигает старости.

Природа берегов, конечно, сильно влияет на прохождение берега через эти стадии. Гранитные берега, испещренные маленькими закругленными бухточками, усеянные множеством скалистых островов, представляют контраст меловым берегам с их однообразными, правильными формами, выступающими в море прямой линией обрывов. Вулканические породы часто под действием эрозии дают начало гротам.

Изменение уровня моря повлечет за собою перерыв в совершении цикла. При повышении уровня очертание берега делается все более и более разнообразным; море проникает в долины в то время, как возвышенности выступают в виде полуостровов и островов. Эрозия может поспеть за обновлением берега тогда только, когда повышение уровня замедлится или прекратится. И так, повышение уровня поддерживает берега в стадии юности. Одним из признаков погружающегося берега является существование подводных долин, составляющих продолжение наземных.

Понижение уровня моря влечет за собою противоположные последствия: Очертания берега упрощаются, так как на поверхность выступает однообразно ровная прибрежная платформа. Когда понижение уровня прекратится, море приносит к берегам обломки, образуется пляж с береговым валом, или "лидо", который вскоре покрывается дюнами, а впоследствии за ним образуется лагуна.

Быстрое отрицательное движение уровня /понижение/ и потом замедленное вызовет образование терассы на некоторой высоте из прибрежной платформы. Если такие ускорения и остановки повторяются, образуются терассы в несколько этажей.

Образование сложных берегов Норвегии объясняется также колебаниями уровня. На этих берегах низкая платформа, изрезанная полуостровами и островами располагается перед горами. Это древняя прибрежная платформа, выступившая на поверхность вследствие понижения уровня и изрезанная действием текучих вод и атмосферы, которая потом вновь отчасти погружалась при более недавнем повышении уровня.

Влияние организмов.

На очертания береговой линии оказывает влияние и органическая деятельность растений и животных. На низменных берегах, напр. в Голландии, прибрежные отмели постепенно могут повышаться благодаря отложениям ила, приносимого приливом. Через некоторое время на них поселяются растения, главным образом, травы, которые разрастаясь, задерживает еще больше ила и укрепляет почву. Наконец она превращается в луг, а защита плотинами дает возможность использовать ее и как поле. На тропических берегах большую роль играют мангровые деревья, захватывающие своими корнями прибрежную мелководную полосу и задерживающие ил и песок. Роль кораллов, возводящих прибрежные рифы

и острова, была уже рассмотрена ранее.

Классификация берегов.

Здесь приводится классификация, в которой типы берегов определяются в зависимости от топографии погруженной в воду прибрежной части / de Martonne/. С этой точки зрения берега подразделяются на следующие группы: А/ Берега равнин /плоские берега/ Б/ Берега складчатых областей, В/ берега вулканических областей, Г/ берега ледниковых областей.

А/ Берега равнин. I/ Тип Мэриленда. Это тип берега, имеющий эстуарии, глубоко внедряющиеся в сушу, сильно разветвленные, с большим числом маленьких, низменных островов. /Делавэр, Чезапик/. Такие берега образуются когда вслед за периодами понижения уровня, во время которого эрозия текучих вод вырыла извилистые долины в осушившейся равнине, последует период наступания моря; оно затопит эти долины и таким путем образуются эстуарии. К этому типу надо отнести берега Мэриленда, в Соединенных Штатах, отчасти берег Ландов во Франции. Тип Мэриленда надо считать скоропроходящим: острова вследствие наносов постепенно превратятся в полуострова, бухты перережутся береговыми валами и превратятся в лагуны, полуострова под напором волн отступят и образуют линию берегового уступа, так что весь берег перейдет в следующий тип.

2/ Лагунный тип. Этот вид берегов свойствен неизменному положению уровня моря или достаточно медленному его повышению. В этом именно случае песок, приносимый волнами, образует пляж и береговые валы, тянущиеся на большом расстоянии и перерезанные лишь немногими узкими проходами. За ними располагаются продолговатые лагуны, которые быстро заполняются осадками, но иногда бурное море при высокой воде может затоплять их. Таковы берега Италии около

устья По, значительная часть берега в Гвинейском заливе, берега Техаса и Алабамы, а также восточный берег Флориды. Таковы же были берега Голландии, Марши и Германии, превращенные плотинами в плодородные земли.

Берега типа Мэриленда постепенно переходят в лагунный тип. Переходной стадии соответствуют берега Каролины с их заливами - Sounds /Памлико, Альбормарл/. В таком же состоянии находятся и лиманы Черного моря.

Б - Берега складчатых областей. I/ Далматский тип. Наступание моря в складчатых областях с резко выраженным рельефом производит в результате очень изрезанные берега; продольные долины превращаются в глубокие заливы или проходы, хребты дают начало полуостровам и островам. Если складки суши параллельны берегу, как это имеет место в Далмации, то получаются глубокие параллельные берегу заливы, проливы, вытянутые в том же направлении полуострова и удлиненные, узкие острова тоже параллельные берегу. Если повышение уровня прекращается, линия берега начинает приближаться к зрелости. Береговые наносы спаивают острова с материком; заливы преграждаются, образуются лагуны, которые скоро заполняются осадками и реки начинают откладывать дельты. Таков берег Далмации южнее Скутари.

2/ Риас.[I] Так называется поперечный берег, изобилующий клиновидными расширяющимися к морю, иногда разветвляющимися бухтами, которые проникают внутрь берега на 10 - 30 км. Они составляют продолжение низменных долин и дно их понижается постепенно к морю. В верховьях долин обычно текут реки, но короткие,

---

I/ Мартонн различает еще для берегов складчатых областей тип поперечного берега, называя его „Côte à anses" . Пример - западный берег Бретании /Finistère/ и Малой Азии. Риас он относит к берегам древних омоложенных массивов.

небольшие. Образование риаса объясняется повышением уровня моря, затопившего долины, но конечно играет роль и морская эрозия. Около этих берегов всегда находится большое количество островов. Берега типа риас встречаются на северо-западе Иберийского полуострова, в западной Бретани на северо-востоке Адриатического моря, на западном берегу Малой Азии, в южном Китае.

Мартонн объясняет их происхождение так. Древнее нагорье, приведенное в состояние почти равнины /пенеплен/ и подверженное новому циклу эрозии, прорезывается узкими глубокими долинами, в которых получаются расширения и извилины в местах залегания менее устойчивых пород. При повышении уровня моря происходят заливы - риас.

В/ - Берега вулканических областей. Вулканические области часто сопровождаются сбросами, что накладывает особый отпечаток на их берега. В начале формы берега определяются исключительно сеткой трещин. Лучшим примером этого является Греция и Эгейское море, образовавшееся вследствие целого ряда сбросов. Эти берега изрезываются глубокими заливами, разделенными длинными полуостровами. Таковы берега Пелопонеса, Халкиди, острова Целебес, местами берега Японии. Острова у таких берегов многочисленны и относительно большого размера.

Часто излом земной коры происходил повидимому по линиям изогнутым в виде дуг, которые и определили формы берегов. Это именно имеет место на западном берегу Японии, и на берегах Италии от Гаэты до Сицилии.

Г.- Берега ледниковых областей.

I/ фиорды. Ледниковая эрозия подготовила совершенно особый характер берегов, который принял настоящий вид при последовавшем затем повышении уровня моря. Эти берега характеризуются фиордами,

т.е. длинными, узкими, очень разветляющимися бухтами с вертикальными иногда стенами, опускающимися на большую глубину. Sognefjord имеет длину 187 км. при средней ширине около 5 км. и глубину 1242 м. В поперечном сечении фиорды имеют форму буквы U или корыта, в продольном - бассейна. Наибольшая глубина лежит обыкновенно в глубине фиорда, к выходу же в море она уменьшается / Sognefjord до 158 м./; иногда порог бывает расположен в самом выходе, иногда выше в самом фиорде, а иногда в море перед входом. В море часто можно проследить продолжение фиорда в виде подводной долины, вырытой в дне моря.

Точно также фиорды продолжаются долинами и с противоположной стороны, вдаются ими дальше в сушу и в этой долине обыкновенно протекает ручей и в ней располагаются озера, часто проточные, вытянутой формы с такими же крутыми берегами, как у фиорда. Другие ручьи текут по боковым долинам и каскадами падают в фиорд. Характерно для фиордовых берегов множество островов.

Фиордовые берега свойственны высоким широтам, в северном полушарии они находятся выше 49° N, в южном выше 41° S. По Nordenskjold самые богатые фиордами области в мире это южный берег Патагонии и Огненная Земля, но они также типичны для всего берега Норвегии, откуда и заимствовано их название; они находятся в Гренландии, на Ньюфаундленде, Лабрадоре, на арктических островах, в северной части западного берега N Америки, Исландии и Н. Земле, на западных берегах Патагонии и южного острова Н.Зеландии. Длина фиордового берега от 10 до 40 раз превосходит прямую, соединяющую две точки берега.

Все фиорды находятся в области, которая была покрыта льдом в ледниковую эпоху. Из одного этого обстоятельства видна связь их происхождения с оледе-

пением, а исследования фиордов не оставили в этом никакого сомнения. Они представляют собою долины, вырытые ледниками, которые потом были заполнены наступавшим морем, уровень которого затем начал опускаться, на что указывают некоторые несомненные признаки /речь о них будет далее/.

2/ Шхерные берега. Этот тип берега представляет собою лабиринт разветвлений заливов, проливов и множества островов. Берег изрезан по всем направлениям, острова расположены без всякого порядка. И на материке и на островах много озер, в свою очередь усеянных островами. Острова скалистые или моренного происхождения.

Шхеры свойственны плоским берегам. Ими усеяны берега Финляндии, Швеции, штата Мэн, отчасти Исландии. Они встречаются в области древнего оледенения вблизи его окраин.

В этих областях преобладает не ледниковая эрозия, а ледниковые отложения, которые и определяют ландшафт. Наступление моря в этих местах было повидимому так недавно, что морская эрозия очень мало успела себя проявить так же, как и на фиордовых берегах.

Методы выражения горизонтального расчленения суши.

Метод Г. Бергхауза. Бергхауз выражал горизонтальное расчленение, названное им „развитие берега" отношением периметра материка к его поверхности. Это естественный и простой прием, т. к. он исходит из положения, что из двух фигур одинаковой поверхности более расчлененною будет та, которая имеет больший периметр. Указывали, что этот метод берет отношение несравнимых величин--поверхности и длины, но это не основательно; надо уметь прочитать выражение. Напр., если развитие берегов Европы равно $\frac{I}{243}$, то это значит, что в ней I км. берега приходится на 243 км.^{2} поверхности.

Другое возражение, именно, что величина отношения получается различная в зависимости от выбранных единиц, так же совершенно не состоятельно; ведь и вообще физические величины выражаются разными числами при выборе разных единиц, напр. ускорение, обьем, поверхность. Это не препятствие для сравнения однородных величин, как развитие берега различных континентов.

Последующие методы принимали за основание сравнение однородных величин. Нагель выражает развитие береговой линии отношением ее длины к длине окружности круга, имеющего площадь равную поверхности данного материка. Нет никакого основания брать площадь круга, так как материки расположены на шаровой поверхности.[I/] Лучше заменить ее, как предложил Крюммель, поверхностью шарового сегмента, равного поверхности материка.

Способ Нагеля - Крюммеля /способ сравнения с длиной основания сегмента равновеликого материку/. Если радиус земли есть R, поверхность материка s, окружность основания шарового сегмента с поверхностью s есть L, радиус основания = r и высота сегмента равна h, поверхность земли S, то:

$$s = 2\pi R h; \qquad h = \frac{s}{2\pi R}$$

$$r = \sqrt{h(2R-h)} = \sqrt{\frac{s}{2\pi R}\left(2R - \frac{s}{2\pi R}\right)}$$

$$L = 2\pi r = 2\pi\sqrt{\frac{s}{2\pi R}\left(2R - \frac{s}{2\pi R}\right)} = 2\sqrt{s\pi\left(\frac{4\pi R^2 - s}{4\pi R^2}\right)}$$

$$L = 2\sqrt{s\pi\frac{S-s}{S}}$$

I/ По способу Нагеля Пенк дает такие числа:

Северные материки		Южные материки	
N Америка	4. 86	S Америка	I.96
Европа	3. 55	Австралия	2.0I
Азия	3.I9	Африка	I.64

По Вагнеру получаются этим способом следующие числа:

	Площадь без островов	Окружность мал.круга	Длина береговой линии	Развитие.
С. Америка	20,0 мкл.км^2.	I5500 км.	75000км.	I:4,9
Евразия	50,7 "	23950 "	I07800 "	I:4,5
Европа	9,2 "	I0700 "	37200 "	I:3,5
Азия	4I,5 "	2I900 "	70600 "	I:3,2
Австралия	7,6 "	9700 "	I9500 "	I:2.0
Ю.Америка	I7,6 "	I4600 "	28700 "	I:2,0
Африка	29,2 "	I8600 "	30600 "	I:I,8

Этот способ ошибочен в самом основании: с увеличением подобных фигур периметры их возрастают не пропорционально поверхности, но много медленнее. Поэтому описанный способ для малых поверхностей и для больших дает величины, которые нельзя сравнивать. Он приводит к очевидной нелепости: развитие берегов Евразии получится больше, чем для Европы и Азии в отдельности, всей Америки больше, чем Южной или Северной, наконец всех континентов больше, чем каждого в отдельности.I/

Способ сравнения поверхности полуостровов и островов с поверхностью туловища материка.

Этот способ гораздо более отвечает цели. Очевидно при этом необходимо принимать в расчет кроме поверхности полуостровов еще и поверхность континентальных островов, как частей рассматриваемой суши, а также и на том основании, что определяемое ими развитие береговой линии именно и имеет большое значение для ее влияния на развитие культуры.

Для выполнения способа отделяют полуострова от тела континента, но тут то и возникает затруднение: что считать за полуострова и где проводить разделяющую линию. Очевидно

I/ Если длина береговой линии равна К, то можно получить так называемый коэффициент берегового развития $C = \frac{K - X}{K} 100$
Для выражения развития берегов океана или моря Крюммель берет для К длину береговой и морской границы.

этот способ дает место субъективности. Затем, присоединив к поверхности полуостровов поверхность островов, берут отношение полученной суммы к поверхности всего материка. Другой недостаток этого метода состоит в том, что не одни полуострова определяют развитие береговой линии: Африка и Южная Америка одинаково представляют собою массивные тела без полуостровов, однако благодаря значительному сужению в Ю.Америке I км. берега приходится на 698 км.^{2}, а в Африке на II28 км.^{2}

Но вот результаты, полученные по этому способу по Вагнеру в миллионах квадр. километров.

П о в е р х н о с т ь.

		Вся.	Полуострова	Острова.	Туловище материка.	Отчлененная часть.	Расчленение.
северные материки	Европа	I0.0	2.7	0.8	6.5	3.5	35 о/о
	Азия	44.2	7.9	2.7	33.6	I0.6	24
	Евразия	54.2	I0.6	3.5	40.I	I4.I	26
	С. Америка	24.I	2.0	4.I	I8.0	6.I	25,5
южные материки	Австралия	8.9	0.4	I.3	7.2	I.7	I9
	Африка	29.8	0	0.6	29.2	0.6	2
	Ю. Америка	I7.8	0.05	0.2	I7.6	0.2	I

Остановимся на рассмотрении этих чисел. Наиболее расчлененным материком является Европа, в которой отчлененная часть соответствует около I/3 поверхности всего континента. В Азии, Евразии и С.Америке отчлененная часть составляет -$\frac{I}{4}$- континента, в Австралии - $\frac{I}{5}$--; Африка и Ю.Америка можно сказать не расчленены совершенно и в этом отношении они простейшие материки. Северные материки расчленены гораздо более южных.

Способ Эренбурга. Эренбург пользуется сравнением площадей трех концентрических кругов: А - внешний, они

санный около материка, J - внутренний, вписанный в контур материка и, F - равновеликий материку. Расчленение материка наилучше выражает отношение $-\frac{A}{J}--$.

Этот способ не имеет особых преимуществ перед другими и в значительной мере произволен. Так, для Африки отношение $-\frac{A}{J}-$ получается больше /5,6/, чем для Ю.Америки /5,1/, вследствие того, что Гвинейский залив значительно уменьшает радиус вписанного круга.

Способ Рорбаха. Все предыдущие способы, помимо недостатков того или другого, не дают вполне ясного представления о расстоянии, отделяющем внутренность материка от его берегов. Лучше это выполняет способ Рорбаха, который построен на совершенно других основаниях. В контур каждого материка он врисовывает линии, расположенные на одинаковых расстояниях от берега и вычисляет заключенные между ними поверхности, а затем определяет графическим методом средние величины удаления от берегов внутренней части континента. В нижеследующей таблице помещены числа, полученные по этому способу Пенком.

Расстояние от берегов в километрах.

		0-250	250-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	среднее расстоян.	Наибольшее расстояние
		площади в процентах.							
северные континенты.	Европа	51	23	19	7	-	-	340	1550
	Азия	29	16	23	17	11	4	770	2400
	С.Америка	41	23	26	9	1	-	440	1650
южные континенты.	Австралия	43	29	28	-	-	-	350	920
	Ю. Америка	31	22	31	16	-	-	540	1600
	Африка	23	19	31	23	4	-	670	1800

Здесь много говорит величина ближайшего к берегу пояса, но вместе с тем сравнение этих величин может дать совершенно

неверное представление о развитии берегов. Так процент поверхности близкой к берегу зоны в Европе и Австралии получается лишь немного различающийся, между тем эти два материка несравнимы в отношении расчлененности берегов;такой результат есть следствие малой поверхности Австралии. Так же и средние расстояния берегов этих континентов почти не отличаются друг от друга, значит эти величины сами по себе еще ничего не говорят. С другой стороны процент пояса /0 - 250км/ для Азии и Африки почти одинаков, не смотря на разницу в их поверхностях; это происходит вследствие большой расчлененности Азии. Только при помощи карты вышеприведенная таблица поможет составить верное представление.

Таким образом, надо придти к заключению, что все способы выражения развития берегов, дают немного и ни в каком случае не могут заменить карту.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Неровности земной коры.

Перейдем теперь к изучению вертикального расчленения земной коры.

Крайние величины удаления точек земной коры от поверхности геоида таковы: Эверест в Гималаях имеет высоту 8840 м., а дно океана в глубочайшей впадине к востоку от Филиппинских островов лежит на 9790 м. ниже уровня океана. Разность их уровней следовательно равна 18630 м., что составляет $\frac{18630}{6370000}$ или приближенно всего $\frac{1}{342}$ среднего земного радиуса. Значит неровности земной коры очень невелики. Эти крайние величины неровностей, конечно, не дают правильного представления о вертикальном расчленении, так как такие отдельные высоты и глубины

существуют, можно сказать, один момент в жизни земли. Более верные заключения можно сделать, сравнивая средние величины, как высот континентов, так и глубин океанов.

Для этой цели можно вычислить по нанесенным на картах изогипсам и изобатам поверхности, соответствующие желаемым вертикальным ступеням, и выразить их в процентах от всей поверхности земли. Такая работа выполнена несколькими авторами. Ниже приведены числа Вагнера, как для суши, так и для океана;

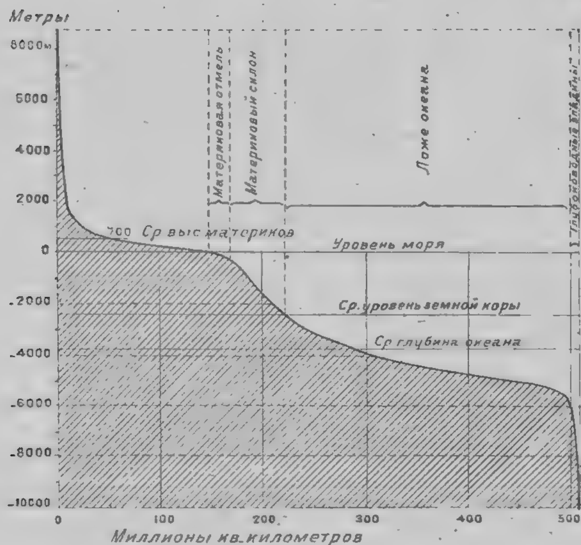
С у ш а

Высота	Поверхность мил.км.^{2}	Поверхность о/о
свыше - 3000 м.	6	I,2
3000 - 2000	I0	2,0
2000 - I000	24	4,7
I000 - 500	27	5,3
500 - 200	33	6,5
200 - 0 и ниже I/	49	9,6
Вся суша	I49	29,2

О к е а н

Глубина	Поверхность мил.км.^{2}	Поверхность о/о
0 - 200 м.	29	5,7
200 - I000	I3	2,5
I000 - 2000	I9	3,7
2000 - 3000	36	7,I
3000 - 4000	79	I5,5
4000 - 5000	II3	22,2
5000 - 6000	67	I3,I
глубже - 6000	5	I,0
Весь океан	36I	70,8

Фиг. I2.



Гипсографическая кривая земной коры.

Удобнее по приведенным числам построить кривую среднего профиля земной коры так называемую гипсографическую кривую /Пенк/. Для этого откладывают по оси абцисс величины пропорциональные поверхностям в миллионах квадратных километров, по ординатам высоты

I/ Поверхность ниже 0 равна 0,5 мил.км.^{2}

соответствующих ступеней земной поверхности. Соединив полученные точки, получаем желаемую кривую.

Гипсографическая кривая сглаживает все случайные, так сказать, неровности земной коры и выдвигает общий характер ее рельефа.

Суша имеет резко выраженный вогнутый к небу профиль, который вырабатывается эрозией атмосферы и текучих вод. В этой части кривая очень круто спускается до высот в 2000 м., далее она идет все отложе, особенно ниже 1000 м. и до глубины в 200 м. Часть кривой от 0 до 200 м. глубины составляет подводное продолжение материков и называется материковая отмель. На этой глубине кривая делается выпуклой и круто опускается до 2000 - 3000 м. глубины, образуя материковый склон /актическая ступень/.[1] Отсюда кривая очень полого переходит в совершенно ровное ложе мирового океана, /абиссальная область[2]/ лежащее глубже 2000 м., и падает почти отвесно в область глубоководных впадин - глубже 6000 м. Кривая показывает, что основание материков поднимается с глубины 2000 - 3000 м., а их настоящая граница лежит на глубине 200 м.

Вагнер вычислил поверхности следующих ступеней:

	Высота.	поверхность млн.км.^{2}	о/о	средняя высота
Верхняя область земной коры	выше + 1000 м.	40	7,8	+ 2150м.
Материковая область	+1000 до - 200"	138	27,1	+ 250
Материковый склон	- 200 до - 2400	44	8,6	- 1200
Ложе океана	-2400 до - 5500	267	52,3	- 4300
Область больших глубин	глубже - 5500м.	21	4,1	- 6000
		510м.км.^{2}	100 о/о	- 2400 м.

1/ ἀκτή - берег; 2/ἄβυσσος - пропасть, глубина.

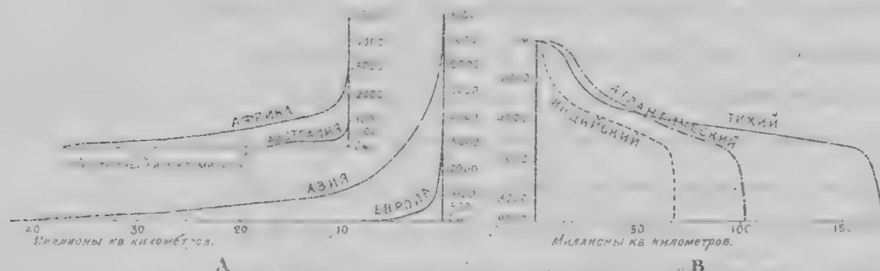
На чертоже обозначены: средняя высота континентов 700 м. и средняя глубина мирового океана 3700 м.

Кроме того, на глубине 2400 м. проведена прямая, соответствующая среднему уровню земной коры; он получился бы если бы всю сушу, как выше уровня океана, так и ниже его, распределить по земному шару, так, чтобы исчезли все неровности.

Выше 5000 м. лежит только 0,3 о/о земной поверхности, выше 2000 м. только 2 о/о, а высоты от 1000 м. до 0 м. занимают около 22 о/о, т.е. на суше преобладают малые высоты. В океане преобладают большие глубины, именно его ложе от 2000 до 6000 м. занимает 57,6 о/о всей земной поверхности и глубоководные впадины 1,5 о/о.

Для отдельных континентов поверхности ступеней высот в процентах приведены в следующей таблице /по Пенку из Зупана/, вслед за которой помещены гипсографические кривые материков и батиграфические для трех океанов.

Ступени.	Высота.	Европа.	Азия	Африка	Австралия.	С.Америка	Ю.Америка	Вся суша
Высокая ступень	выше 2000м.	I,5	I4,I	2,4	0,8	6,0	9,0	7,7
Средняя "	2000 -200	4I,7	60,5	82,2	63,2	6I,6	48,4	62,5
Низкая "	ниже 200м.	56,8	25,4	I5,4	36,0	32,4	42,6	29,8



Все материки имеют средний профиль вогнутый и большие высоты занимают незначительную часть их поверхности. На всей суше преобладает средняя ступень, так же и на всех отдельных материках за исключением Европы, в которой всего обширнее низкая; к тому же приближается Ю. Америка. Бросается в глаза массивное строение Африки, и однообразие ее рельефа. Еще более однообразен рельеф Австралии. Высокая ступень наиболее развита в Азии и Ю.Америке. Кривые показывают особенно большую разницу между Европой с одной стороны, Африкой и Азией с другой: в Европе только ¼ поверхности выше 500 м., в Африке около ½, а в Азии около 3/5.

Для океанов поверхности по ступеням глубин распределяются следующим образом.

Ступени глубин.	Глубины.	Атлантическ. океан	Индийский океан	Тихий океан	Весь океан
Материковая отмель	0 - 200 м.	11,5	4,6	5,4	7,1
Материковый склон	200 -3000	25,5	21,2	14,5	19,2
Глубинная область	глубже 3000м.	63,0	74,2	80,1	73,7

Кривые океанов поразительно одинакового характера; высокие ступени наиболее развиты в Атлантическом.

Сравнение рельефа суши и дна океана.

Выше уже было указано, что материковая отмель составляет подводное продолжение континентов и собственно изобата 200 м. служит границей материков и океанов. Действительно, если бы уровень океана понизился на 200 м., уничтожились бы только изгибы современных очертаний континентов, но в главных чертах распределение суши и воды на земной поверхности не изменилось бы. Тогда С. Америка соединилась бы с Азией в том месте, где находится Берингов пролив, острова Ново-Сибирские и Новая Земля соединились бы с материком, исчезли бы Немецкое море, Балтийское, Англий-

ский канал, Персидский залив, Желтое море; Борнео, Суматра, Ява оказались бы соединенными с Азией. Тасмания и Новая Гвинея были бы причленены к Австралии, Фалкландские острова к Ю.Америке. Остались бы отделенными от общей материковой массы Австралия, Мадагаскар, Н. Зеландия и Антарктический континент.

Если бы уровень понизился до изобаты в 2000 м., к Евразии присоединились бы Шпицберген и Земля Франца Иосифа, Гренландия слилась бы с Америкой и двумя перешейками соединилась бы с Европой через Исландию и через Шпицберген; Красное море исчезло бы и Австралия присоединилась бы к остальной континентальной массе. Мадагаскар и Н. Зеландия остались бы отделенными так же, как и Антарктида. В материк оказались бы врезанными глубокие впадины, заполненные водою: три на месте Средиземного моря, затем на месте Черного моря, Карибского моря, Мексиканского залива, морей Зулу, Целебес и Банда. Моря Берингово, Охотское, Японское и Китайское отделились бы от океана узкими хребтами.

Дальнейшее изучение карт изогипс и изобат указывает на очень существенную разницу в рельефе суши и океанского дна. Прежде всего бросается в глаза изрезанность изогипс в противоположность плавным очертаниям изобат. Приведенные здесь/фиг. I4 по Мартонну/ профили в сечении Азии по 87^{0} меридиану и Атлантического океана по экватору, составленные

Фиг. 14



на основании упомянутых карт, наглядно показывают, что выражает это различие: материк имеет профиль, изрезанный в виде зубов пилы по выражению Лаппарана, дно Атлантического океана, хотя его рельеф разнообразнее всех других, имеет сравнительно гораздо более плавный профиль. Причина такой разницы очевидна. Причина изрезанности рельефа суши - эрозия атмосферы и текучих вод, плавность же рисунка в рельефе дна океана указывает, что оно никогда этой эрозии не подвергалось и что его вид обусловлен отложением осадков, сглаживающих все неровности. Более внимательное изучение изогипс приводит к заключению, если отвлечся от рассматривания деталей, а изучать только главные неровности рельефа, что вид поверхности суши получается совершенно подобный виду дна океана и главные неровности в том и другом совершенно одинакового порядка. Следовательно, рельеф суши и дна океана в главных чертах выработан одними и теми же силами, и силы эти не могут быть внешними, так как внешние силы могут накладывать только поверхностный отпечаток на формы рельефа.

Глубоководные впадины, расположены не по середине океанов, но близ их периферии и по большей части имеют длинную узкую форму. В Атлантическом океане наибольшая глубина находится близ Порто-Рико /8525 м./. В Индийском океане глубокая котловина с наибольшей глубиной /7000 м./ тянется вдоль берегов Явы. В Тихом океане целый ряд впадин располагается близ архипелагов, островов: Алеутская, Курильская, которая продолжается вдоль островов Японии, впадина вдоль островов Филиппинских с наибольшей глубиной в мире /9788 м./, затем около островов Пелау, около Марианских островов, вдоль архипелага Тонга, островов Кермадских к Н. Зеландии и наконец по другую сторону океана впадина у берегов Чили.

Также и самые большие высоты континентов по боль-

шей части располагаются на их окраинах. В Европе Альпы и Кавказ с самыми высокими вершинами находятся на окраине Средиземноморской впадины, также, как Апеннины и Балканы. В Азии высочайшие в мире Гималаи находятся вблизи от Индийского океана, а нагорья северо-востока этого материка тянутся вдоль окраинных морей; кроме того гирлянды высоких островов окаймляют западный берег Тихого океана, горы Аляски, Алеутские острова, Камчатка, Курильские острова, Япония с ее высокими вулканами, Лпу-Кпу, Н.Гвинея, Н. Каледония и Н. Зеландия. В Америке Кордильеры тянутся вдоль самого берега Тихого океана. Азия, Австралия и Ю.Америка с одной стороны имеют цепи высоких гор, с другой же заканчиваются пологим спуском к океану. Африка и С.Америка хотя и не представляют такой разницы между своими берегами, но и на них самые высокие горы расположены по окраинам. Насколько не симметрично расположены нагорья на материках , хорошо видно на приведенном выше профиле Азии.

Из этого описания видно, что очень часто, хотя и не везде, высокие горы располагаются в непосредственной близости к океаническим впадинам, так что в этих местах земная кора имеет наибольшие складки. Получается впечатление, что главнейшие неровности земной коры произошли как будто от бокового давления, которое заставило ее уменьшить свое протяжение образованием двойных складок; в некоторых местах вместо складок образовались трещины, вдоль которых одна часть коры опустилась, тогда как соседняя поднялась.

И так, характерной чертою земного рельефа является его диссиметрия. Здесь надо указать, что изучение землетрясений обнаружило, что они бывают наиболее часты и разрушительны как раз в тех областях, где диссиметрия резко выражена. Это совпадение очевидно не случайное.

Средние высоты материков и средние глубины океанов.

Величины средних высот материков и средних глубин океанов имеют значение при решении некоторых физико-географических вопросов.

Лаплас, разбирая вопрос о приливах, предположил, что средняя глубина океанов равна средней высоте материков и составляет 1000 м.[I/] Гумбольдт первый сделал попытку вычислить среднюю высоту континентов; вследствие недостаточности и неточности данных он получил слишком малую величину - 300 м. После Гумбольдта подобные вычисления делались много раз и различными способами. Предлагаемая ниже сводка всех результатов показывает насколько наши знания о рельефе земной коры подвинулись вперед со времен Гумбольдта и какова степень точности этих выводов.

Средние высоты в метрах.

	Год.	Европа.	Азия.	Африка.	Австралия	С.Америка.	Ю.Америка.	Все материки
Лаплас	I825г.	-	-	-	-	-	-	I000
Гумбольдт	I844	205	35I	-	-	228	345	307
Лейпольдт	I874	297	500	500	250	-	-	440
Лаппаран	I883	292	879	6I2	362	595	537	646
Меррей	I888	286	972	6I6	245	575	633	686
Зупан	I889	290	940	620	260	6I0	6I0	680
Пенк	I889	280	950	650	280	600	630	705
Тилло	I889	3I7	957	6I2	240	622	6I7	693
Гейдерих	I89I	375	920	602	470	830	760	744
Пенк	I893	330	I0I0	660	3I0	650	650	735
Вагнер	I895	300	950	650	300	700	650	700
Пенк	I909	300	940	670	360	730	580	-
Крайние разности с I883г.		I00	I30	70	230	260	220	I00

Числа /подчеркнутые/ получены не по измерениям

I/ Небесная механика, т. У.

а гипотетически. Числа Г.Вагнера /1895г./ представляют собою не самостоятельные вычисления, а вероятнейшие средние, полученные им из сравнительной оценки предшествовавших определений. Вагнером получены также средние высоты:

Евразия - 830м.,Старый Свет - 720м.,Новый Свет -680.

Средние глубины в метрах.

	Тихий океан	Атланти-ческ.ок.	Индий-ск.ок.	Мировой океан
Лаплас /1825г./	-	-	-	1000
У.Томсон /1874/	-	-	-	3658
Крюммель /1879/	3650	3180	3310	3440
Лаппаран /1883/	-	-	-	4260
Крюммель /1886/	3650	3070	3310	3320
Меррей /1888/	4140	3510	3820	3800
Зупан /1889/	3870	3330	3600	3650
Пенк /1889/	3876	3290	3590	3650
Тилло /1889/	4380	4020	3670	3800
Гейдерих /1891/	-	-	-	3440
Каротенс /1894/	3830	3160	3590	3500
Крюммель /1907/	4100	3860	3930	3997
Вер. средние по Вагнеру /1895/	-	-	-	3500
Крайние разности с 1879г./кроме Лаппарана и Гейдериха/.	730	950	620	480

Сравнивая результаты, полученные разными авторами, надо принять во внимание, что они получены разными способами и по разным картам, поэтому разности имеют значительную величину - до 37 о/о для материков / кроме Австралии - 77 о/о/ и 25 о/о для океанов, Но если исключить числа Гейдериха, как вообще более высокие, то разности значительно уменьшается.

Итак, средняя высота всей суши равна 700 м., причем крайние отклонения отдельных определений достигают

14 о/о. Однако цифра эта получена Вагнером еще до выяснения характера рельефа Антарктического материка, который оказался очень высоким; если принять это в расчет, то средняя высота материков увеличится вероятно до 900 м.

За среднюю глубину мирового океана после вычислений Крюммеля 1907 г. можно принять 3700 м. и наибольшие отклонения составляют 13 о/о, т.е. почти той же величины, как и для материков.[I/]

Средние высоты и глубины по зонам широты были вычислены Тилло /1889/ и Гейдерихом /1891/; они помещены для сравнения в следующей таблице. Более поздние вычисления были сделаны Карстенсом /1894/ и Крюммелем /1907/, но только для океанов; цифры последнего, как новейшие помещены также в таблицу, которая дополнена еще величинами поверхности суши и воды в каждой зоне /см.стр.23 /

Средние высоты и глубины в метрах.

Зоны.	Тилло /1889/ Суша	Тилло /1889/ Океан	Гейдерих /1891/ Суша	Гейдерих /1891/ Океан	Средний уровень коры + выше - ниже ур. ок.	Крюммель /1907/ океан	Поверхность в о/о по Вагнеру Суша	Поверхность в о/о по Вагнеру Океан
90° - 80°	860	740	-	-	-	2221	13	87
80 - 70	550	630	1040	510	+ 0	806	29	72
70 - 60	360	890	490	720	+ 140	767	71	29
60 - 50	470	2130	480	1800	- 460	2197	57	43
50 - 40	770	3650	650	3760	-1450	3845	52	48
40 - 30	1350	4150	1470	3990	-1610	4025	43	57
30 - 20	740	4150	750	3650	-2010	4124	38	62
20 - 10	520	4100	580	3870	-2690		26	74
10°N - 0°	690	4020	620	3490	-2540	3800	23	77
0° - 10°S	550	4100	620	3540	-2590	3854	24	76
10 - 20	830	4200	910	3790	-2730	3919	22	78
20 - 30	600	4420	740	3900	-2860	3945	23	77
30 - 40	470	4120	530	3670	-3240	3906	11	89
40 - 50	540	4210	620	3730	-3590	3892	3	97
50 - 60	400	3690	390	2950	-2910	3764	1	99
60 - 70	510	2850	840	2650	-2540	3352	5	95
70 - 90°S						1337		

I/ Помещенное в таблице число 3997 представляет собою среднюю глубину трех океанов, средняя же глубина для всего океана /3680м./ получена Крюммелем введением в расчет средней глубины всех придаточных морей /1180 м./

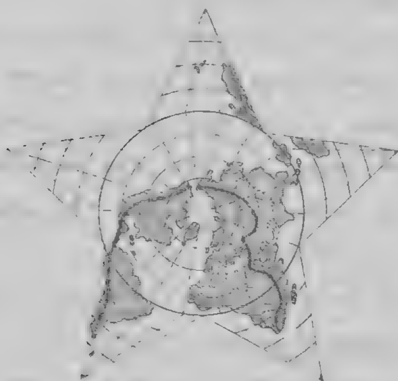
Числа разных авторов обнаруживают значительное расхождение, но расположение крайних высот и глубин получается у всех одно и то же. Наибольшие высоты и глубины приходятся на два пояса $40^0 - 30^0$ N и $10^0 - 30^0$ S. Числа для высоких широт конечно очень проблематичны.

Если в каждой зоне срыть все выступающие неровности суши и ими сгладить все углубления, то получится средний уровень земной коры, положение которого относительно уровня моря показано в таблице. Знак + , указывающий на выступание суши из океана, встречается только в одной зоне 70 - 60^0 N, т. е. там где преобладает поверхность суши. Далее к югу выступов суши не получается, наоборот глубина уровня увеличивается до зоны 40 - 50^0 S, в которой простирается сплошное водное кольцо вокруг земного шара. Следовательно, существует соотношение между вертикальным и горизонтальным расчленением земной коры.

Главный водораздел земли.

Поверхность всей суши может быть разделена на две покатости, атлантическую и тихоокеанско-индийскую, линией, которую Тилло назвал главным водоразделом земли. Эта линия общего водораздела Старого и Нового Света проходит от мыса Доброй Надежды к западной окраине озер Ниасса и Танганийка, восточнее долины Нила, через Синайский полуостров, по нагорьям Средней Азии, Тянь-Шань, Алтай, Саян, горные хребты северо-восточной Сибири к Берингову проливу, где она прерывается, далее в Америке по Скалистым горам, нагорьям Центральной Америки и по Андам до м. Горн.

Фиг. 15



При взгляде на эту

линию карта показывает, что гораздо большая часть суши принадлежит к бассейну Атлантического океана, чем Тихого и Индийского. Если принять в расчет и поверхность островов, то получается для каждой покатости такая поверхность:

Атлантическая	-	53 о/о
Тихоокеанско-индийская	-	25 о/о
Области, лишенные стока	-	22 о/о

Не имеющие стока области линией главного водораздела особо не выделяются, а располагаются в пределах и атлантической и тихоокеанско-индийской покатостей. Наибольшей из таких областей является азиатско-европейская центральная область, превосходящая по поверхности Европу; Африка имеет две таких области, в Сахаре и Калахари, в С. и Ю. Америке по одной, в Австралии более половины материка лишено стока.

Если подсчитать поверхности областей, занимаемых океанами и их бассейнами, то картина получается совершенно другая и конечно область Тихого океана самая большая.

Область Тихого океана	-	40 о/о	100о/о
" Атлантического океана	-	36 "	
" Индийского океана	-	18 "	
" без стока "	-	6 "	

ДОИСТОРИЧЕСКИЙ ПЕРИОД ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Космогонические гипотезы.

Прежде чем мы приступим к изучению преобразований, которым подвергалась земная кора за время своего существования, познакомимся с теми гипотезами, которые имеются относительно ее возникновения, для чего надо предварительно изложить главные основания тех попыток, которые были сделаны для объяснения образования и эволюции всей солнечной системы, или еще шире - всех небесных тел. Это - космогонические гипотезы.

Изложению их надо предпослать замечание, что

эти гипотезы не являются „результатом наблюдений или вычисления", как говорит Лаплас о своей собственной системе, и потому не могут быть отнесены к точной науке; они построены на произвольно принятых исходных данных, и условия развития небесных тел также произвольны.

Первые намеки на гипотезу о возникновении солнечной системы находятся у Сведенберга /Swedenborg 1734г./: первичный хаос под действием внутренних сил, подобных магнитным, пришел во вращательное движение вокруг солнца, все ускорявшееся; образовался вихрь. По экватору отделилось кольцо, которое распалось на отдельные скопления вещества; из них то и возникли планеты.

Бюффон / Buffon 1745г./ , исходя из того, что все планеты вращаются почти в одной плоскости и в одном направлении, заключил о необходимости общей причины, вызвавшей эти движения. Он предположил, что все планеты образовались вследствие столкновения солнца с кометой. При этом от солнца был оторван поток материи, частицы которого получили движение в направлении удара, а подчиняясь притяжению солнца, стали вращаться вокруг него. Из этого потока и образовались планеты.

Первая, несколько разработанная гипотеза, принадлежит Канту / Kant 1755г. - Естественная история и теория неба/.

Кант предполагает, что в начале материя, составляющая солнце, планеты, их спутники и кометы, была разлита в виде тончайшего вещества на всем пространстве, занятом теперь солнечной системой.

Это была туманность, состоящая из отдельных частиц, которые находились под действием лишь одной силы всемирного тяготения. Далее он предполагает, что где то, в этой туманности, именно там, где находится солнце, „образовался легкий перевес плотности". Частицы вещества

сейчас же начали стремиться к этому сгущению, одни из них падали к нему и увеличивали его, другие сталкивались между собою, отчего появились „сопротивления, которые не могли быть совершенно одинаковыми по всем направлениям, а потому естественно, что отсюда произошли, там и сям, боковые уклонения.[1/]" Они заставили частицы двигаться ощупью до тех пор, пока они не нашли пути наименьшего сопротивления в общем для всех вращении, в одном направлении; это вращение передается частицами и самому солнцу.

Вследствие вращения туманность сплющивается. Частицы, вращаясь вокруг солнца, начинают группироваться вокруг случайных сгущений вещества, - зарождаются планеты, которые „будут охвачены теми же вращениями, как и их первоначальные элементы. То, что произошло вокруг солнца, повторится в малом виде вокруг всякой планеты, - тут образуются спутники".

Гипотеза Канта во многом идет в разрез с основными законами механики.

Одним из главнейших возражений против гипотезы Канта была невозможность появления вращательного движения без воздействия внешней силы.

Часто эту гипотезу соединяют с гипотезой Лапласа под одним общим именем, что не основательно. У Канта нет ни первоначального вращения туманности, ни постепенного сокращения ее объема, ни образования колец.

Следующая гипотеза Лапласа / Laplace 1796г./. Первичная туманность в состоянии газообразной раскаленной массы простиралась далеко за пределы внешней планетной системы и была одарена вращением вокруг оси. Солнце уже тогда в виде сгущения занимало в ней центральное место. Эта туманность - атмосфера солнца - ограничена поверхностью, на которой центробежная сила уравновешивается силой притяжения.

1/ Faye Происхождение мира. С.Петербург 1905.

Под влиянием притяжения и вследствие постепенного охлаждения массы туманность сжимается, и потому скорость вращения частиц возрастает. Это вытекает из второго закона Кеплера, согласно которому радиус вектор описывает в одинаковые времена одинаковые площади, в силу чего произведение скорости /v/ на расстояние /r/ от центра должно сохранятся постоянным. Центробежная сила выражается $\frac{mv^2}{r} = \frac{mv^2r^2}{r^3} = \frac{k}{r^3}$, а притяжение к центру массы $= \frac{m}{r^2}$. Следовательно, при уменьшении r центробежная сила увеличивается быстрее притяжения; это вызовет отделение на экваторе слоя туманной массы в виде вращающегося кольца.

„Если бы все частицы туманного кольца продолжали сгущаться не разъединяясь, то они образовали бы современем жидкое или плотное кольцо. Но правильность, которая требуется для такого образования во всех частях кольца и в охлаждении этих последних, должна была сделать это явление чрезвычайно редким. Потому то солнечная система и представляет только один пример такого явления - кольца Сатурна. Почти всегда каждое туманное кольцо должно было разорваться на несколько масс, которые двигаясь с очень мало различными скоростями, продолжали обращаться на одинаковом расстоянии вокруг солнца. Эти массы должны были принять сферическую форму с вращательным движением, направленным в сторону их обращения, так как их нижние частицы имели меньшую действительную скорость, чем верхние." Это случай малых планет - астероидов. „Но если бы одна из планет, образовавшихся в кольце, была довольно сильна для того, чтобы последовательно соединить посредством своего притяжения все другие вокруг своего центра, то первоначальное газообразное кольцо было бы превращено в одну планету." I/

I/ По H.Faye . Русский перевод. Происхождение мира 1905.

Этот случай был в солнечной системе самый обыкновенный.

Далее планеты развивались совершенно таким же образом. Вследствие охлаждения они отделяли кольца по экватору, из которых формировались спутники. Кометы проникают в солнечную систему извне, случайно.

Впоследствие Рош / Roche /дополнил и отчасти переработал гипотезу Лапласа. В первоначальной гипотезе непонятно почему при сжатии туманности вследствие ее охлаждения образование комет происходило скачками, а не являлось вместо того непрерывного отделения поверхностных частиц. По предположению Роша частицы, расположенные вне экватора, стекают к нему, но не обладают при этом достаточными скоростями, чтобы оторваться от общей массы; часть их падает на солнце и увеличивает его массу. Попеременное увеличение центрального сгущения и сокращение его вследствие охлаждения вызывает то, что поверхность равновесия центробежной силы и силы притяжения отступает к центру скачками и отделение колец происходит ритмично.

Образование одной планеты из кольца - один из слабых пунктов гипотезы Лапласа. В его время еще не были открыты спутники Урана и Нептуна, вращение которых около центральных тел в обратном направлении противоречит гипотезе. Противоречие устраняется предположением, что первоначально вращение всех планет вокруг осей было обратно движению их вокруг солнца, вследствие большей скорости ближайших к солнцу частиц сравнительно с более удаленными, согласно второму закону Кеплера. Но приливы, вызываемые солнцем в массе планет производили трение, которое стало постепенно замедлять их обратное вращение, остановило его и, наконец, превратило в прямое. На Уране же и Нептуне приливы слишком слабы, чтобы произвести такое действие. Рош показал, что при форме планеты, вытянутой приливами, спутник мог выделиться в виде одного кома, если породивший его взрыв был настолько силен, чтобы достаточно удалить ком за извест-

ний предел /предел Роша/. Кольца Сатурна по этому объяснению являются „неудачным" спутником.

Гипотеза Лапласа, не смотря на все исправления все таки неудовлетворительна с точки зрения механики

Гипотеза Фая (Faye). Изначала существовал хаос, заключавший в себе все вещества вселенной в крайне разреженном состоянии, в виде темной и холодной туманности. Вследствие взаимного притяжения частиц происходит сжатие туманности, она нагревается и начинает слабо светиться. Хаос сначала был изборожден потоками материи по всевозможным направлениям. Различия в их скоростях и направлениях вызвали образование вихрей, которые явились родоначальниками спиральных туманностей, а затем и различных звездных систем.

Чаще всего это приводило к образованию двойных и кратных звезд. Для образования такой системы, как солнечная, с почти круговыми орбитами планет, необходимы исключительно благоприятные условия; надо, чтобы первоначальная туманность была однородна и сферична.

В подобном скоплении материи равнодействующая сила ньютонианского взаимного притяжения отдельных частиц, (внутренняя тяжесть) направлена к центру системы и оказывается прямо пропорциональной расстоянию частицы до него. Вследствие этого внутри туманности образуются правильные кольца почти в плоскости экватора. В каждом кольце линейная скорость частиц увеличивалась от внутреннего края к внешнему, что вызвало разложение кольца на ряд вихрей, вращающихся в том же направлении, как и кольцо. Самый сильный из них поглотил все остальные и, таким образом, кольцо превратилось в планету с прямым вращением вокруг оси. Так возникли все планеты за исключением Урана и Нептуна. Образовавшие их туманные шары подвергаются той же эволюции: внутри их выделяются кольца, а затем кольца превращаются в спутники. Но с течением времени формируется в туманности центральное сгущение - солнце-вследствие скопления тут

частиц, не входящих в кольца, а падающих к центру. Когда масса солнца далеко превзошла массу оставшейся туманности, а оно поглотило в конце концов $\frac{699}{700}$ всего первоначального хаоса солнечной системы, закон тяжести внутри системы изменился, притяжение сделалось обратно пропорциональным квадрату разстояния частицы от центра, как оно остается и до сих пор. Движение частиц туманности подчиняется законам Кеплера. Кольца, находившиеся далее всех других от центра и избежавшие до тех пор разрушения, вместо того, чтобы продолжать обращение всей массой частиц, их составлявших, с одинаковыми угловыми скоростями, стали разлагаться на вращающиеся полосы, скорости частиц в которых обратно пропорциональны разстояниям их от центра. Поэтому, когда впоследствии эти кольца разложились на вихри, то вращение вихрей и происшедших из них планет - получилось обратное. Таковы Уран и Нептун. Очевидно и спутники этих планет при своем образовании получили обратное вращение.

Таким образом, по гипотезе Фая земля и все планеты от солнца до Сатурна включительно старше солнца, а оно старше Урана и Нептуна.

Не излагая здесь гипотез Лигонде / Ligondés / и Си /See/, как не имеющих каких либо преимуществ перед изложенными, укажем на следующие:

Гипотеза Аррениуса / S.Arrhenius Образование міров 1908 г./. Небесные тела, как темные, так и светящиеся, заключают в себе огромный запас энергии. Эти тела иногда сталкиваются между собою, причем из них от удара вырываются струи газов, образующие вихри, которые затем превращаются в спиральные туманности. Возможность таких столкновений подтверждается появлением новых звезд.

С другой стороны, из атмосферы больших раскаленных скоплений материи - звезд - вырываются под действием светового давления ионизированные частицы, сгустившия

на себе пары и твердую пыль, выброшенную при взрывах звездою. Эти частицы летят по всем направлениям и некоторыя из них проникают в спиральные туманности, задерживаются ими, собирают к себе вещество туманности и дают начало образованию планет. Таким образом, солнечная система развилась благодаря посторонним ей телам.

Планетезимальная гипотеза Чемберлена и Мультона / Th.C.Chamberlin and F.R.Moulton. / производит солнечную систему также из спиральной туманности.

Возникновение спиральной туманности может произойти не только вследствие столкновения двух небесных тел, но и при их прохождении на близком разстоянии друг от друга. При этом возникает приливо-образующая сила настолько большая, что из тел появляется истечение материи первоначально по двум противоположным направлениям, дающим начало двум ветвям спирали. Истечение происходит неравномерно; по временам случаются взрывы, вследствие которых в ветвях спирали образуются узлы из скопления материи. Ветви состоят из мельчайших телец - планетезималей, движущиеся по эллиптическим орбитам в газообразной атмосфере вокруг центрального сгущения. Планетезимали, двигаясь во множестве по самым разнообразным орбитам, сталкиваются, слипаются и таким путем постепенно наростают планеты.

Гипотеза Бэло / Belot /

1911 г. Бэло предполагает, что в мировом пространстве существуют не только темные угасшие звезды, но и темные массы разреженной материи, одаренные вихревым движением и в то же время имеющие поступательное движение со скоростью звезд. Такой вихрь внедрился в туманность, не имеющую вращательного движения, а только поступательное. При этом образовались продольные волны, пучности и узлы. Каждая пучность развертывается в вихревую оболочку, которая вследствие сочетания

своего движения с движением туманности свертывается в ком; из таких скоплений материи и возникли планеты. Все они вращаются вокруг наибольшего скопления - солнца, приблизительно в одной плоскости, положение которой определилось сочетанием движений вихря и туманности.

Образование земной коры.

Образование земной коры и те изменения, которым она впоследствии подвергалась можно представить себе следующим образом:

Из обзора космогонических гипотез видно, что все они предполагают, что земля, как и другие небесные тела, сначала имела чрезвычайно высокую температуру. Эта температура по большинству гипотез поддерживала в газообразном состоянии массу земли, но вследствие постоянной отдачи тепла в междузвездное пространство земной шар постепенно переходил в огненно-жидкое состояние, которое вместе с газообразным может быть названо астральным или звездным состоянием земли.

Но вот при дальнейшем охлаждении, жидкая масса на поверхности покрывается постепенно твердым шлаком, начинается образование земной коры и вместе с тем так называемое азойское или безорганическое время в жизни поверхности земли. При затвердевании расплавленных пород шлаки, как более легкие, плавают на жидкой массе; тоже самое, надо думать, имело место и при застывании поверхностного слоя земли. Но существует и другой взгляд, что более тяжелые материалы при затвердевании опускались к центру, а более легкие поднимались из внутренних областей, и, таким образом, это мнение объясняет большой удельный вес ядра земли; вряд ли это предположение имеет достаточное основание.

Кора в начале очень непрочна, она трескается и ломается от собственного веса, плавая на жидкой магме, вследствие взрывов газов, выделявшихся из ядра,

а также под действием приливов и отливов. Но прочность ее постепенно увеличивается. Она уже сразу является очень большим препятствием для лучеиспускания из ядра земли, а по мере ее утолщения потеря внутренней теплоты почти совершенно прекращается. /Теперь земля теряет 2.10^{-4} калорий на I $см^2$ в минуту, а солнце $1,2.10^5$ калорий/.

Состав атмосферы земли с ее охлаждением постепенно должен был изменяться по мере того, как из нее выделялись различные вещества, переходившие в жидкое состояние, и давление ее было гораздо выше нынешнего /принимают до 200атм./ при очень высокой температуре /предполагают 1400^0 - 1300^0/. Этот период в жизни земной коры можно назвать безводным, так как вода не могла находится на земной поверхности в жидком состоянии. Это же время должно было сопровождаться усиленной вулканической деятельностью.

Кора продолжает утолщаться вследствие охлаждения и путем перекрытия породами, изверженными из недр земли. Эти породы должны были отличаться от современных, так как застывали при большом давлении и высокой температуре атмосферы совершенно другого состава. Но какова была первичная кора, мы, конечно, не знаем. По мнению геологов безводное состояние земли могло продолжаться очень долго, Аррениус же полагает, что для охлаждения земной коры от 1000^0 до 55^0 потребовалось всего несколько тысяч лет.

С дальнейшим понижением температуры атмосферы /примерно до 250^0/ и уменьшением ее давления /до 50 атм./, начинается переход к океаническому состоянию земной коры. Вода в атмосфере уже переходит в жидкое состояние, выпадает на охладившуюся поверхность земли в виде осадков и появляются первоначальные океаны, имевшие значительную температуру. Вместе с этим начинается преобразование земной коры теми деятелями, непрерывная ра-

бота которых происходит и теперь на наших глазах. Действительно, все нас убеждает в том, что одни и те же силы работали над преобразованием земной коры из покон веков и до наших дней, и только изучение их может выяснить тот цикл явлений на земной поверхности, который неоднократно повторялся в течение длинного ряда веков ее существования.

Возвышения коры, образовавшие первоначальную сушу, начинают подвергаться разрушению под действием атмосферы и выпадающей из нее воды. Продукты разрушения сносятся текущими водами в океаны, прибой волн также разрушает берега и все получающиеся при этом материалы отлагаются на дне океана.

Так образовались первые осадочные породы неорганического происхождения. Они тоже должны были отличаться от современных, так как отложение их происходило при совершенно других условиях: высокая температура океана, большое давление, иной состав воды. Возможно, что при таких условиях происходило осаждение из воды океана солей прямо в виде кристаллов, и материалы, снесенные с суши, также могли получить кристаллическое сложение, чему еще способствовала высокая температура продуктов извержений и сдавливание пород при сжатии коры.

Наконец, температура земной коры понижается на столько, что становится возможным существование организмов, наступает органическое время - археозойская эра. Понижение температуры океана до 60^{0}- 50^{0} уже дает возможность появления водорослей, а до 40^{0} - 30^{0} и первых животных организмов.

Организмы стали извлекать из воды океанов вещества, необходимые для их тканей, скелетов и раковин, и, умирая, доставляли материал для первых осадочных пород органического происхождения. К этому времени, вероятно, многие соли уже выпали из морского раствора.

Такой взгляд на последовательность состояний, через которые проходила земная кора, встречает возражения, которые, согласно Чемберлену, заключаются в следующем:

Предполагается, что материалы, составлявшие земной шар, должны были при его расплавленном состоянии располагаться по удельному весу. Самые легкие из всех изверженных пород это гранитоиды; следовательно, их жидкая магма должна была занять самую поверхность земного шара и из нее то должна была образоваться земная кора. В этом случае породы, образовавшиеся из магмы гранитоидов, должны повсюду служить подкладкой породам более позднего происхождения. Между тем оказывается, что в некоторых местах гранитные массивы наиболее древнего возраста /Архейские/ проникли наверх через слои других пород /кристаллические сланцы/. Возможно, что и в других местах они окажутся так же расположенными и потому считать их за первоначальную кору земли трудно.

Затем, предположение, что вся вода находилась в газообразном состоянии в атмосфере не допускает возникновения извержений, так как именно пары воды внутри земного шара являются причиной взрывов. Кроме того, атмосфера с массою водяных паров и большим количеством углекислоты должна была бы сделать климат во всех широтах однородным, а теперь несомненно доказано различие климатов на земле в очень ранние времена /существование ледниковых явлений в конце Палеозоя около тропиков в Индии, Австралии, Южной Америке, а в начале Палеозоя /Кембрий/ - в Северо-западной Европе и около 30° N в Китае/ и их значительные колебания /отложение гипса и соли, т.е. признаки жаркого и сухого климата, к северу от 30° также в Палеозойскую эру/.

Если допустить, что расплавленная масса земного шара заключала в себе значительное количество газов, как содержит их современная лава, вытекающая на поверхность земли, и даже после затвердевания, то не

придется приписывать первоначальной атмосфере такую огромную плотность и возможно будет объяснить перекрытие древних изверженных пород более поздними, как результат особенно сильной вулканической деятельности.

При этом допущении последовательные состояния земного шара надо считать такими:

I. - Астральное - вращающийся газовый сфероид.

II. - Жидкое - масса земли перешла в жидкое ядро с атмосферою, причем значительная часть газов и паров воды поглощена расплавленною массою.

III. - Затвердевание сфероида, которое начинается или из центра, или из центра и с поверхности.

IУ. - Время сильных вулканических извержений. Потоки более жидкой /основной/ лавы перекрывают включения более плотной - кислой, причем более поздние /основные/ лавы частью метаморфировались.

Одновременно образуются осадочные породы вследствие разрушения суши под действием атмосферы и вод и происходит отложение их в небольших размерах. Нахождение в осадочных отложениях этого времени углекислых элементов указывает на появившуюся уже на земле жизнь. Это время соответствует археозойскому.

У. - Время осадочных пород, которые, благодаря образованию океана и увеличившемуся влиянию на породы атмосферы и воды, стали отлагаться в преобладающем количестве./Это началось с до-Кембрийского времени/.

Развитие земной коры по гипотезе Чемберлена.

Если земной шар образовался из постепенного скопления планетезималей, то он, как принимает Чемберлен, прошел через следующие состояния.

I. - Состояние ядра. Ядро вращается по эллиптической орбите в одной из спиралей туманности и постоянно вырастает благодаря притяжению и столкновениям с частицами.

II. - Безвоздушное состояние. Пока масса земли бы-

ла еще не велика, именно, не более $\frac{1}{80}$ - $\frac{1}{10}$ теперешней, она не могла удерживать газовую оболочку.

III. - Появление атмосферы. Газы улавливались земным шаром из первоначальной туманности при наростании его массы; они то вместе с выделенными изнутри и составили атмосферу. Надо думать, что каждая планетезималь включала газы, как включают их метеориты, но в метеоритах находится лишь водород, углекислота и азот, а кислорода нет. Теперь он выделяется вулканами; откуда же он взялся в первоначальной атмосфере, - неясно. Чемберлен старается показать, как состав атмосферы пришел к современному, указывая, что большую роль тут сыграло появление наземных растений, освобождающих кислород из углекислоты.

IУ. - Вулканизм. При извержениях на поверхность земли выливаются потоки расплавленной материи, что указывает на большой запас тепла внутри земного шара. Теплота необходимая для периода сильного вулканизма, могла образоваться вследствие таких причин:

1/ Тепло от столкновения планетезималей. Общая сумма тепла от столкновения планетезималей должна быть очень велика, но столкновения происходят не одновременно и потому эта причина не могла произвести высокую температуру земли.

2/ Тепло от первоначального сжатия материи в ядро, т.е. той материи туманности, которая образовала узел, развившийся в землю.

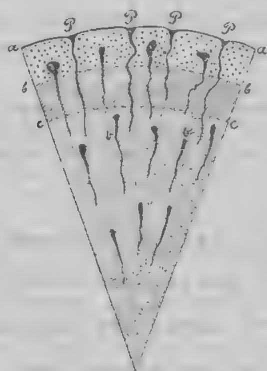
3/ Тепло от последующего сжатия. Главный источник тепла - это повидимому последовательное сжатие увеличивающейся массы земного шара, что подтверждается и вычислениями. Тепло только от сжатия вряд ли было бы достаточно для плавления горных пород при массе земли в $\frac{1}{20}$ современной, но при $\frac{1}{10}$ и более этого должно быть достаточно. Если кратеры луны можно принять за свидетелей бывшей на ней вулканической дея-

тельности, а не за следы от ударов метеоритов /по Джильберту/, то надо допустить, что и при массе в $\frac{1}{80}$ земной, количество тепла для вулканизма может быть достаточно, принимая во внимание и то, которое получилось от сжатия первоначальной туманной материи.

4/ Тепло от молекулярного перестроения элементов. Планетезимали, находившиеся первоначально в безвоздушном пространстве, войдя в массу земли, должны были испытывать все увеличивающееся давление, под влиянием которого произошло полное перестроение молекул, что должно сопровождаться большим выделением тепла.

Причины первоначального вулканизма. Согласно гипотезе Чемберлена главная причина - это тепло от сжатия. Температура была выше в центре, а к поверхности убывала. Если допустить в центре 20.000°, то такого тепла хватило бы для расплавления всех пород, вопрос только в том, как температура распределялась. Возможно, что часть материалов более легко плавких, расплавилась ранее и вместе с газами образовала жидкие области. Другие материалы мало по малу размягчались и они начинали перестраиваться согласно удельным весам. Приливные силы побуждали расплавленную массу двигаться к поверхности в виде языков, в области еще твердых частей. Вследствие убывания давления к поверхности точка плавления понижалась и потому некоторое количество тепла освобождалось,

Фиг.16



ab. - Кластический пояс.
bc. - Зона плотной массы температуры ниже темп. плавления пород.
l. - Языки лавы.
P. - Жерла извержений.

которое способствовало языкам магмы пробуравливать путь к верху. Эти языки переносили тепло от центра к поверхности, которая была тогда сложена из обломков, образовавшихся от скоплений планетезималей. Отсутствие атмосферы и гидросферы в это время устраняло возможность заполнения трещин в наваленном пористом материале. Такой рыхлый слой достигал той глубины, где давление заставляло частицы образовать плотную массу. Когда языки достигали этого пояса, они образовывали скопления лавы, постепенно застывавшие /в виде лакколитов, батолитов, силей и дейков/. Все это могло начаться и ранее образования атмосферы и позже.

У. Первоначальное появление воды. Когда пары воды по мере охлаждения земного шара дошли до состояния насыщения, они дали первую воду. Вероятно пары конденсировались ранее всего в трещинах земли и по мере их заполнения вода стала выходить на поверхность и образовывать сначала маленькие бассейны, а потом все большие и большие. С появлением покрытых водою пространств на поверхности земли в них стали накопляться отложения материалов, смываемых с суши; прежде всего смывались основные материалы, позже - кислые. Поэтому постепенно части коры, занятые сушей, становились все легче, а дно водных бассейнов все тяжелее и так продолжается во все время существования земли.

Вода и сама по себе увеличивала своей тяжестью вес участков коры, ею покрытых. Эти причины произвели, а может быть и производят, постепенное понижение дна водных бассейнов и повышение сегментов, занятых сушей.

УI. Начало жизни на земле. Прямых указаний на время возникновения жизни на земле нет; самые древние ее следы в виде окаменелостей показывают, что она существовала много раньше их. Гипотеза Чемберлена допускает какой угодно промежуток времени для начального состояния земного шара до появления на нем жизни.

Сначала должны были появиться растения, очистившие атмосферу от излишка углекислоты, а затем уже и животные. По расчету Чемберлена современная нам растительность может поглотить массу углекислоты, равную по обьему современной атмосфере, в 300000 лет.

УII. Время наибольшего вулканизма. Наиболее сильная вулканическая деятельность могла развиться только постепенно и тогда, когда рост земного шара уже закончился, так как для этого необходим весь запас тепла внутри земного шара. Эти извержения и доставили на поверхность земли главную массу материала наиболее древних пород - Архейских, хотя то, что мы считаем за них, представляет собою лишь их остатки.

Вынос извержениями материала изнутри, сопровождавшийся нарушением в расположении пород, происходившие при этом резкие повышения температуры, все это производило огромные давления, складки и сжатия пород, наблюдаемые нами в Архейских массивах.

С этим заканчивается доисторический период в жизни земной коры, и отсюда начинается ее геологическая история, основанная уже на наблюдениях.

Внутренняя теплота земного шара.

Посмотрим теперь, какие явления служат подтверждением существования высокой температуры внутри земного шара.

Температура поверхностного слоя земли определяется нагреванием ее солнечными лучами и излучением тепла в атмосферу. Тепловые лучи солнца, проходя через атмосферу, в небольшой степени ею поглащаются, но большая часть их свободно доходит до поверхности земли; затем лучи отчасти от нее отражаются, но главным образом поглащаются ею и нагревают ее. Как только температура поверхностного слоя сделается выше температуры воздуха, сейчас же начинается излучение. Колебания температуры верхнего слоя земли сильнее, чем нижних слоев воздуха, так как почва сильнее и нагревается, сильнее и охлаждается от излучения, чем

воздух. Эти колебания передаются глубже лежащим слоям, но на незначительную глубину, так как горные породы обладают небольшой теплопроводностью; моменты наибольшей и наименьшей температуры, чем глубже, тем больше запаздывают, амплитуда уменьшается. Суточные колебания температуры передаются только до глубины I м. / в среднем/годовые сказываются, конечно на большей глубине, в средних широтах они исчезают примерно на 20 м., а под тропиками уже около 6 м; в полярных странах предельная глубина колебаний должна быть также мала.

Непосредственно под слоем, в котором заметны годовые колебания, находится слой постоянной температуры /колебания здесь меньше 0,^{0}I/, которая немного выше средней температуры года на поверхности; поэтому она в тропиках высокая, а в высоких широтах очень низкая. В этих широтах летом оттаивает только самый поверхностный слой, а глубже температура всегда остается ниже нуля и тут находится вечная мерзлота, которая может достигать очень большой глубины; так в Шоргинской шахте близ Якутска она не была пройдена на глубине II6 м.. Граница вечной мерзлоты дальше всего спускается к югу в восточной Сибири достигая местами 50^{0}N.

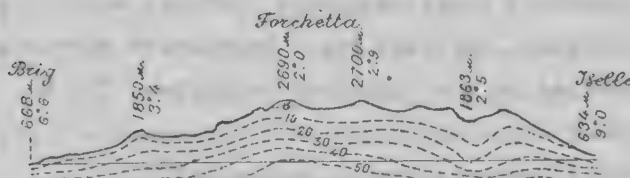
Начиная со слоя постоянной температуры, в глубину температура всегда и везде увеличивается. Та глубина, на которую надо опуститься, чтобы температура поднялась на I^0, называется геотермическим градусом /градиентом/. В разных местах величина геотермического градуса получается не одинаковая; она зависит от теплопроводности пород, от большей или меньшей близости вулканических пород, от химических местных процессов и, наконец, от подземных токов воды. Наименее надежны наблюдения в рудниках, тут влияет и вентиляция, и циркуляция воды; величина геотермического градуса получается от I6 м. до II8 м. и то лишь до глубины I500 м.. Гораздо надежнее данные, полученные в буровых скважинах; по ним определяют среднюю величину геотермического

градуса в 33-34м. Наиболее глубокие скважины находятся: в Парушовице /Верхняя Силезия/ - 2003 м. глубиною и с температурой 69°,3 и у Чухова /Силезия/ в 2220 м. с температурой 83°,I на этой глубине.

Наблюдения температуры воды в артезианских колодцах дают несколько меньшую величину геотермического градуса /31 м. Cr./ По температуре горячего источника можно определить с какой глубины в нем поднимается вода.

Наблюдения в тоннелях показали, что под горами температура какой нибудь точки зависит не от абсолютной ее глубины, а от удаления ее от поверхности нагорья в данном месте. В Сен-Готтардском тоннеле наивысшая температура была 38°,8 на I752 м. от поверхности нагорья. Геотермический градус по мере удаления внутрь тоннеля увеличивается. Это указывает, что изогеотерми-

Фиг.17.



Изогеотермы Симплонскаго туннеля.
/по Шардту/

ческие поверхности, т.е. поверхности одинаковых температур, под горами повышаются, но отставая от повышения поверхности гор. Такое разъединение изогеотеры под горами происходит вследствие пониженной температуры на высотах.

На этом же основании надо думать, что величина геотермического градуса уменьшается в полярных странах и под дном океанов, а увеличивается в жарком поясе, под континентами и под горами. При переходе из области океана к континенту изогеотермы должны подвергаться очень большому изгибу. Вот простой расчет: в Южном Атлантическом океане на глубине 4000 м. температура около I°, а прини-

ная среднюю высоту Африки 600 м. и величину геотермического градуса 34 м., мы получим на той же глубине от уровня океана под материком температуру на 135° выше средней годовой температуры на поверхности, т.е. примерно 150°.

Фиг.18

Изогеотермы

Но геотермический градус под возвышенностями больше, поэтому изгибы геоизотерм должны сглаживаться по мере углубления.

Толщина слоя земной коры, доступного нашему исследованию, представляет всего $\frac{2220}{6370000}$ или $\frac{1}{2870}$ среднего земного радиуса, поэтому остается совершенно не проверенным, сохраняется ли величина геотермического градиента и далее на глубинах и можно ли считать увеличение температуры пропорциональным глубине. Во всяком случае такой расчет представляет собою пример чрезвычайно грубой экстраполяции.

Если верно предположение, что земля была когда то в расплавленно-жидком состоянии и охлаждается вследствие лучеиспускания, то величина геотермического градуса должна возрастать по направлению к центру, как то показали исследования Фурье, В.Томсона и Тэта. Бишоф в Бонне наблюдал охлаждение расплавленных базальтовых шаров и нашел в шаре диаметром 27¼ дюймов такие величины термического градуса:

Расстояние от центра	0^{д}	4,5^{д}	6,75^{д}	9^{д}
Температура	192,5°	170,0°	156,3°	137,5°
Термический градус		0.200	0.164	0.120

Однако, нельзя ожидать возможности определить увеличение геотермического градуса с глубиною, так как оно мо-

жет обнаружиться лишь на глубинах, гораздо более значительных, чем те, которые нам доступны в настоящее время. Вычисления В. Томсона показали, что, если наружное охлаждение земли началось 100 миллионов лет тому назад, то геотермический градус должен заметно увеличиться лишь на глубине 40000 м.

Тут, пожалуй, уместно указать, что В. Томсон, исходя из предположения, что высокая температура в недрах земли является последствием первоначального жара, вычислил крайние пределы для возраста земли с начала ее отвердевания. Числа полученные для пределов, конечно, не могут быть сколько нибудь точными вследствие неточности данных: температуры, при которой началось отвердевание земли, величины геотермического градуса и теплопроводности горных пород. Поэтому Томсон, получив сначала пределы от 100 до 400 миллионов лет, затем ввел поправки и получил 20 - 40 миллионов; попытки другого рода приводят к гораздо более значительным числам.

Горячие источники и вулканы, находящиеся во всех поясах земного шара являются также прямым указанием на высокую температуру внутри земли. Температура некоторых из Карлсбадских источников 75^{0}, а гейзеров вообще выше 100^{0} /даже до 127^{0}/. Вулканы выносят на поверхность земли расплавленную лаву с температурой не ниже 1000^{0}. Эти явления указывают на то, что повышение температуры продолжается и в слоях, лежащих гораздо глубже, чем доступные для наших наблюдений.

Внутреннее состояние земного шара.

Исходя из этого и предполагая, что геотермический градус остается и далее постоянным, экстраполируя, мы получим, что температура в 2000^{0}, т.е. достаточная для поддерживания всех горных пород в расплавленном состоянии, существует уже на глубине 68 км.

На основании этого проще всего предположить, что земля представляет собою расплавленную массу, покрытую

лишь тонкой корой. Такого взгляда и держались Декарт, Лейбниц, Лаплас, Фурье.

Однако простая гипотеза о жидком состоянии внутренности земли встречает многочисленные возражения и ей противопоставлена другая, что весь земной шар - твердое тело. Еще Гопкинс указал на то, что явления процессии и нутации не могли бы происходить так, как они совершаются в действительности, если бы земля была жидким телом и на основании своих соображений он считал толщину коры до 1590 км.. Но это возражение, как показал Дж. Дарвин, не состоятельно: упомянутые движения не зависят от физического состояния внутреннего ядра. Затем, В.Томсон /лорд Кельвин/ и Дж.Дарвин находят, что земля не может быть жидким телом с тонкою корою, так как жидкое ядро обнаруживало бы приливо-отливные движения, которые передавались бы и коре, и потому приливы и отливы моря должны были бы быть гораздо меньше наблюдаемых. По вычислениям Дж.Дарвина действительная величина приливов составляет 2/3 теоретической, из чего он заключает, что ядро земли должно иметь твердость стали.

Другое соображение В.Томсона, высказанное ранее Пуассоном, таково. Твердые глыбы, образовавшиеся вследствие охлаждения на поверхности, должны были быть более тяжелыми, чем расплавленная масса, и потому опускались вглубь, передавая охлаждение к центру, откуда и началось затвердение земного шара, распространившееся впоследствии до поверхности. Такому предположению противоречат опыты и наблюдения: лава вулканов застывает с поверхности и лавовые озера покрываются шлаками, не погружающимися в магму /Килауэа/.

Наконец, третье соображение В.Томсона, что земля должна была вся затвердеть вследствие огромного давления на глубинах, не является вполне обоснованным, так как повышение точки плавления при увеличе-

нии давления уменьшается по мере того, как давление растет, и установлено это повышение только для небольших сравнительно температур. Это соображение также не согласуется с исследованиями, по которым всякое тело, раз температура его превысила критическую, не может перейти из газообразного состояния в жидкое, а тем более в твердое, ни при каком давлении. Сименс /Siemens/ противупоставляет мнению Томсона опыт, из которого явствует, что расплавленные кварц и богатые кварцем силикаты при увеличении давления не отвердевают, а переходят лишь в в вязкое состояние; если же внутренность земли вязка, то приливы и отливы ея должны так сильно отставать от морских, что не произведут в них сильного ослабления. Однако, Томсон совершенно справедливо указал, что мы не имеем никаких указаний на увеличение температуры к центру земли глубже слоя расплавленной магмы, а если так, то она вероятно может и не быть критической.

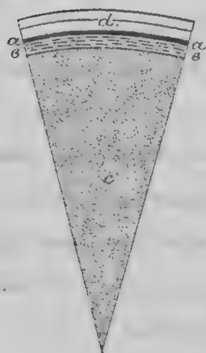
Некоторые, как Рош /Roche/ и Лазо высказываются за гипотезу промежуточную, согласно которой под твердой корой лежит слой вязкой магмы, а еще глубже до самого центра твердое ядро.

Наконец, исследования А. Риттера дали основания Цепритцу, Пенку, С. Гюнтеру считать ядро земли газообразным. По этой гипотезе температура в центральной области земли выше критической для всех тел, именно выше 20000°. Она настолько велика, что там, не смотря на огромное давление, невозможны никакие химические соединения, молекулы распадаются и там находятся одноатомные газы. Это центральное ядро окружено слоем из смешанных газов, где температура уже ниже и потому соединения возможны. Далее, по мере удаления от центра, следует жидкий пояс, затем вязкий, который переходит в пластический, а этот - в твердую кору.

Таков же взгляд и Аррениуса /S.Arrhenius/. Он доказывает, что газы и жидкости при тех условиях температу-

ри и давления, которые должны существовать в центральной области земли, имеют совершенно особые свойства. Молекулы газа должны быть неподвижны и потому в смысле плотности, сдавливаемости газ вполне подобен твердому телу. По вычислениям Аррениуса газообразное ядро занимает 0,95 диаметра земного шара, /причем 0,80 занимает железо/; 0,04 - расплавленная масса или магма и лишь 0,01 приходится на твердую кору.

Фиг. 19



a - Твердая кора.
в - Магма.
c - Газовое ядро
d - Атмосфера

Твердую земную кору называют литосферой, слой магмы - пиросферой, центральное тяжелое ядро - барисферой.

Мильн /Ed.Milne/ принимает, что тело земли состоит из твердой коры, слоя расплавленной магмы и ядра, которое он называет геите и которому приписывает такие свойства: плотность больше 5.5, но меньше чем у железа; проводимость для колебаний, вызываемых давлением, равна половине проводимости стали.

Гипотеза Доли /R.A.Daly/ заключается в следующем: Доли, опираясь на данные определения плотности Земли и сейсмологии, а также на данные, полученные из изучения метеоритов, приходит к заключению, что тело земного шара имеет слоистое строение. Сравнительно тонкий внешний слой состоит из силикатов, состав же внутреннего ядра близок к среднему составу метеоритов. Еще Добре /Daubree/ высказал мнение, что метеориты представляют собой массы вещества, слагающего не только земной шар,

но и солнечную систему, по крайней мере, ея внутреннюю часть. Фаррингтон / O.C.Farrington /, приняв плотность поверхностных пород Земли в 2,8, а среднюю плотность внутреннего ядра Земли равной средней плотности железных метеоритов, т.е. 7.8, нашел, что в составе Земли должно заключаться 77.58 о/о металла, чтобы получить среднюю плотность земного шара соответствующей непосредственным определениям, т.е. 5.57. Эта величина почти достигает суммы металлов в среднем составе метеоритов, если исключить из нее окиси. При этом радиус железного ядра получился на 520 км. короче среднего радиуса Земли. Вывод Фаррингтона находится в согласии с плотностью земли, ея твердостью и магнитными свойствами.

Дэли считает необходимым ввести в расчет Фаррингтона поправки; главная из них, вытекает из того факта, что каменные метеориты играют большую роль, чем это было принято. Если это будет сделано, то неметаллический пояс земного шара получится толще, может быть до 1500 км., что соответствует определениям Вихерта / F.Wiechert /, и Ольдгама /R.D.Oldham/ основанным на сейсмических данных.

Затем и поверхностный силикатный пояс носит слоистый характер. Он состоит из следующих слоев.

1/ Осадочный пояс земного шара - прерывистая тонкая пленка, в среднем около 0,8 км. толщиной, в узких геосинклиналях до 6,5 км. и больше. Состоит в значительной степени из продуктов, заимствованных от кембрийских гранитов и ортогнейсов.

2/ Кислый /гранитный/ пояс земного шара. На всех материках осадочные породы покоятся на магматических образованиях до-кембрийского возраста, средний состав которых - обыкновенный гранит. Этот гранитный пояс геологи считают главной составной частью каждого континентального массива. Он распространен не менее, чем на одной трети всей земной поверхности и может быть отсутствует в средних частях океанов. Мощность гранитного пояса неиз-

вестна, но вероятно она несколько километров. Дэли делает расчет, построенный на химическом составе гранита, андезита и базальта, и показывает, что гранитный комплекс не мог произойти путем переплавления осадочных пород, образовавшихся от разрушения еще более древних магматических пород. Он приходит к заключению, что кислый пояс земного шара состоит из первичного магматического материала, который в большей своей части был переплавлен и интрудирован.

3/ Базальтовый пояс земного шара . Под кислым поясом расположен непрерывный базальтовый пояс. Он недоступен наблюдению, его существование - гипотеза, основанная на следующих основаниях. Базальтовая магма одна только широко распространена на земной поверхности. Во все периоды жизни Земли она прорывалась через гранитный пояс и кристаллизовалась на поверхности Земли. Она изливается и при подводных извержениях, и при наземных; она встречается и на равнинах и на плато, и в горах. Везде эти породы обнаруживают изумительное однообразие химического состава и в течение всего геологического времени базальты имеют наибольшее постоянство. Основная базальтовая магма, как показывает химический состав базальта и родственных ему диабаза, габбро и др., не могла образоваться путем переплавления обыкновенных осадочных пород, ни путем дифференциации какой либо другой магмы перед ея извержением. Поэтому надо думать, что она первичного происхождения.

Как Дэли, так Котта /Von Cotta/ и Грин /W.L.Green/, пришли к мысли о существовании непрерывного базальтового пояса под кислым. Они вероятно не разделены резко друг от друга, но соединяются переходным поясом. Верхняя часть базальтового пояса находится вероятно в твердом состоянии, а ниже этого твердого пояса лежит базальтовая постель еще настолько горячая и подвижная, что она проникает в твердую кору при ослаблении давления.

Каковы физические условия базальтовой постели, - об этом можно строить только гипотезы. Разные авторы предлагают три гипотезы: I/ Единая постель в расплавленно-жидком состоянии благодаря первичной теплоте. 2/ Многочисленные изолированные камеры, заключающие расплавленную массу. 3/ Многочисленные массы, обычно твердые, но временами переходящие в расплавлено-жидкое состояние.

Дэли останавливается на гипотезе непрерывной расплавленно-жидкой постели, как наиболее простой. Она может быть согласована с твердостью Земли, так как трение в жидкой постели должно быть очень велико вследствие огромного давления и потому она должна хорошо противостоять приливным деформациям.

Какой тип силикатного вещества лежит ниже базальтовой постели, можно предполагать только по сопоставлению со средним составом каменных метеоритов. Принимая, что их состав грубо соответствует среднему составу всего силикатного пояса, надо допустить, что более глубокая его часть имеет состав перидотитов, почему Дэли и говорит о земном перидотитовом поясе".

Средняя плотность земного шара по новейшим определениям равна 5.5, тогда как плотность большинства горных пород земной коры не превышает 2.7, а в среднем около 2.3. Отсюда следует, что плотность внутреннего ядра должна быть больше средней плотности земли, т.е. 5.5. Лежандр, Липшиц, Гельмерт и Рош принимают ее около 8, а ближе к центру до IO, Штернёк даже до I5, Ог - 7.7. Только металлы имеют такую же плотность, как ядро земли, из них железо особенно распространено не только на земле, но и во вселенной. Поэтому Дэна, Неймайр, Зюсс и др. предполагают, что ядро земли состоит из железа. Хотя плотность его нормально 7,8, но ближе к центру земли она увеличена вследствие огромного давления.

Наблюдения над скоростью распространения волн

при землетрясениях, именно тех, которые проходят через центральное ядро, показывают, что оно должно обладать приблизительно твердостью стали.

ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ.

Формы земной поверхности, которые мы наблюдаем в различных местах, являются результатом тех изменений, которым подвергалась земная кора со времени своего возникновения и до настоящего момента. Изменения эти зависят от тех условий, при которых образовалась первоначальная кора и происходят вследствие действия внешних и внутренних источников энергии. Поэтому для понимания существующих форм земной поверхности надо после ознакомления с космогоническими гипотезами, объясняющими условия образования земной коры, изучить происходившие в ней изменения. Этим занимается геология, главнейшие выводы которой касающиеся рассматриваемого вопроса, и излагаются далее.

Заметка о развитии геологических знаний. I/

Леонардо-да-Винчи, /1452 - 1519г./ первый вступил в борьбу со средневековыми представлениями о происхождении и истории земли. Он признает ископаемые раковины предшественниками современных морских животных. Их нахождение на суше приводит его к мысли что горы и моря не всегда находились там, где ныне. Образование гор происходит медленно также, как и теперь. Изменения, совершающиеся на наших глазах, помогают уяснению тех, которые происходили в отдаленные времена.

Стенон, датчанин, живший в Тоскане в XYII в., защищает мнения Леонардо. Он различает осадочные и вулканические породы, более ранние слои от более поздних.

С XYIII века начинают накопляться точные геоло-

I/ А.П. Павлов. Очерк истории геологических знаний. 1921г.

гические знания, особенно благодаря развитию рудного дела.

Ломоносов в сочинении „О слоях земных", вышедшем в 1757 г., говорит о внешних и внутренних деятелях, участвующих в преобразовании земной коры; о морских трансгрессиях, т.е. о затоплении частей суши морем, происходящих вследствие медленных ее движений. Он отводит большое значение внутреннему жару земли, пытаясь определить глубину его нахождения. Он считает, что изменения земной поверхности происходят постоянно и непрерывно.

В это же самое время на западе целый ряд исследователей работает над изучением геологического строения своих стран. В Англии Джон Мичель в сочинении о землетрясениях описывает признаки и последовательность осадочных напластований части Англии и дает схему расположения слоев в горах. В Германии Леман печатает „опыт истории осадочных напластований", в которой дает описание пород в области Гарца и Тюрингенских гор, и Фюксель исследует напластования также в пределах Тюрингенских гор. В Италии Ардуино первый подразделяет напластования на три последовательные хронологические группы, прибавляя четвертую - вулканическую. Во Франции Геттар составил первую геологическую карту для парижского бассейна и изучал древнюю вулканическую область Оверни. Демаре /Франция/ работает в этой же области и первый дает труд, заключающий в себе описание тех изменений ландшафта страны, которые производятся естественными деятелями, продолжающими свою работу и теперь. Он даже нашел возможным сделать очерк геологической истории страны и различить несколько эпох в вулканической деятельности земли.

К этой же эпохе относятся труды Палласа, исследовавшего мало известные области Европейской России и Сибири.

В конце XVIII и начале XIX столетий большую роль в дальнейшем развитии геологических знаний сыграл Вернер /1750 - 1817/ Талант его как профессора, энтузиазм, с которым он относился к преподаваемой им науке, уменье вызвать интерес и любовь к ней в слушателях способствовали необыкновенному распространению геологической науки. Немцы считают Вернера основателем современной геологии. Он первый обособил от минералогии отдельную науку о земле, которую называл геогнозией. В области минералогии его заслуги велики и общепризнаны, но в истории геологии его влияние А.П. Павлов считает скорее отрицательным, так как оно отклонило развитие науки от того правильного пути, который был намечен его предшественниками. Это объясняется тем, что его выводы были построены на данных,полученных изучением в очень небольшой области Германии, а стремление к обобщению и систематизации фактов привело к произвольным, необоснованным гипотезам. Все породы он считал осадочными , даже базальт, отложившимися из вод первоначального океана, покрывавшего всю землю. Многочисленные последователи Вернера получили название нептунистов за свое стремление приписывать океану самую важную роль в создании земной коры.

В Англии считают родоначальником современной геологии Хеттона / Hutton /, книга которого „Теория земли" вышла в 1788 г. По его учению в истории изменений земной коры разрушение суши действием атмосферы и воды неоднократно сменялось возникновением новой суши вследствие поднятия морского дна подземными силами. Работа разрушительных агентов совершается чрезвычайно медленно, поэтому учение Хеттона впервые осветило вопрос какие огромные промежутки времени потребовались для всей истории земли. Идеи Хеттона получили большую известность

особенно благодаря талантливой переработке его учеником Плейфером / Playfair /. Последователей Хеттона называют вулканистами, хотя их учитель, признавая большое значение вулканической деятельности в создании земной коры, не отводил ей исключительной роли, наоборот, настаивал на том, что для понимания тех изменений, которые происходили в давние времена, необходимо изучение процессов, совершающихся ныне.

Джемс Холл /James Hall/, ученик Хеттона, положил начало опытной геологии, расплавляя и потом охлаждая кристаллические породы, превращая мел в мрамор накаливанием в стальном цилиндре и воспроизведя из слоев глины складки и сдвиги, подобные горным.

Другой современник Хеттона Николь изобрел кальцитовую призму, поляризующую лучи света, и стал изучать под микроскопом тонкие шлифы окаменелостей, а впоследствии Сорби /англичанин/ применил этот метод к изучению каменных пород, что привело к возникновению петрографии, отдела геологии, изучающего горные породы.

В то самое время, когда между нептунистами и вулканистами велись ожесточенные споры, в Англии и во Франции возникает новое направление, следуя по которому геологическая наука начала успешно развиваться.

В Англии создателем этого направления был Вильям Смит. Он убедился, что слои, отлагавшиеся в определенную геологическую эпоху, характеризуются заключенными в них остатками организмов, свойственных именно этим слоям; по этим остаткам можно проследить один и тот же слой на большом пространстве, даже если минеральный его состав не одинаков. Таким образом, он указал средство определять одновременность отложений и хронологическую последовательность геологических событий. Отсюда возникла историческая

геология.

Во Франции Ламарк пришел к тому, что понимание строения и родственных соотношений нынешних животных невозможно без изучения прежних форм и что это изучение необходимо для разъяснения истории земли. В труде своем „Гидрогеология" /1802г./ и в более позднем „Philosophie zoologique" он выдвигает идею об огромной продолжительности истории земли, необходимой для постепенного развития организмов до существующих теперь видов. В его учении - зерно теории Дарвина о происхождении видов.

Одновременно с Ламарком выступил на научное поприще Кювье, который считается создателем палеонтологии, науки о живых организмах прежних геологических эпох. Вместе с Броньяром он изучил и составил подробное описание напластований в центральной Франции. Он сумел по найденым остаткам животных возсоздать их скелеты и окончательно доказал, что в прежние эпохи существовали особые роды организмов, отличные от нынешних. Найдя, что в одних случаях некоторые из ископаемых переходят из одного слоя в другой и лишь постепенно заменяются новыми, а в других ни одна форма не переходит из нижнего слоя в вышележащий, он объяснил это перерывами в отложении осадков. Но Кювье не сделался сторонником идеи Ламарка о постепенных изменениях форм органической жизни, а объяснял исчезновение прежних организмов происходившими в данной области катастрофами,а появление новых переселением их из других областей;некоторые его последователи допускали повторные творческие акты. Последователи учения Кювье получили название катастрофистов.

В то время, как Кювье и Броньяр работали во Франции, учение Хеттона о важном значении вулканических сил в жизни земли распространялось постепенно повсюду, учение же нептунистов окончательно было оставлено по-

сле того, как двое из известных учеников Вернера А.Гумбольдт и Л. Бух признали его ошибочность и примкнули к взглядам Геттона.

Работы Александра Гумбольдта, так сильно повлиявшие на развитие географии и естествознания, коснулись и области геологии. Он, благодаря своим путешествиям, мог описать многочисленные вулканические области, их расположение и указать на важную роль вулканических сил в жизни земли. Он обнаружил связь между вулканами и землетрясениями.

Л. Фон-Бух, познакомившись с вулканическими областями Италии и Франции, сделался крайним вулканистом и преувеличил деятельность вулканов в истории земли. Он объяснял перемены, совершавшиеся в прежнее время на поверхности земли, кратковременной деятельностью колоссальных вулканических сил, образовавших целые системы горных цепей из приподнятых слоев коры. Нынешние изменения поверхности земли он признавал ничтожными и не имеющими ничего общего с грандиозными прежними.

Эли де-Бомон /Франция/ хотя и поддерживал взгляды катастрофистов, высказал мысль, что главнейшие черты рельефа земной поверхности появились вследствие сокращения внутренней массы земли при охлаждении, причем кора образовала складки, впадины и трещины.

Затем, хронологическая классификация разрабатывалась постепенно трудами, главным образом, Бекленда, Мурчисона и Седжвика /все в Англии/. Джон Филлипс в 1841 году предложил установившиеся теперь названия трех систем : палеозойной, мезозойной и кенозойной.

В 1830 - 33 г. выходит сочинение Чарльза Лайеля „Основы геологии", положившее конец учению о катастрофах. Его исследования показали, что между отдельными геологическими образованиями нет резких границ и что геологическая история развивалась совершенно последовательно без катастрофических перерывов.

ныне действующих причин совершенно достаточно для объяснения всех происходивших изменений земной поверхности, даже самых крупных, но для этого необходимо принять огромную продолжительность геологического времени. Последователи Ляйеля называются униформистами или актуалистами. По пути, указанному Ляйелем, и развивается далее геология, однако его учение об единообразии геологических процессов не должно быть проводимо всюду, как это показали последующие исследования.

Швейцарские ученые, сначала Венец, а потом Шарпантье и Агассис /Louis Agassiz/ нашли несомненные признаки того, что в эпоху, непосредственно предшествующую нашей, ледники Альп имели огромные размеры; впоследствии такие же признаки были обнаружены и в других местах, что привело к убеждению в том, что вся северная Европа находилась прежде под ледяным покровом. Это противоречит отчасти учению Ляйеля или, лучше сказать, указывает на то, что его основное положение должно быть принято с допущением некоторых исключений. Оказалось, что в одну из геологических эпох распределение температуры на земле было совершенно особенное, что вызвало образование ледяного покрова на обширных пространствах, а следовательно и увеличение геологической работы льда. И в другом еще отношении обнаружилось заблуждение Ляйеля; он совершенно отрицал способность вулканических сил поднимать слои напластований. Впоследствии были исследованы некоторые куполообразные горы, происшедшие несомненно таким путем; это так называемые лакколиты.

Учение о непрерывно совершающихся изменениях земной оболочки подготовило почву для учения об эволюции мира органического. В 1859 г. появилось „Происхождение видов" Чарльза Дарвина, установившее это учение. Современный органический мир так же,

как и население каждого из периодов геологического времени, является потомством мира предшествовавшей эпохи. В соответствии с этим учением палеонтология из подсобного для геологии предмета, стала историей органического мира.

С последней четверти XIX века геология развивается в тех направлениях, которые были намечены в предшествовавшие годы: Интересна гипотеза о происхождении горных цепей в областях так называемых геосинклиналей, т. е. в глубоких но пологих впадинах, в которых накопляются мощные толщи осадков. В этих областях, где слои становятся менее прочными под влиянием повышения температуры на глубинах, и возникают складки вследствие бокового давления в земной коре. Теория эта была первоначально разработана американцами Дэна и Ле-Контом.

В 1883 - 1909 г. вышел колоссальный труд венского ученого Эдуарда Зюсса „Лик земли" / Ed. Suess. „Das Antlitz der Erde" /, объединяющий в одно стройное целое почти все геологические знания".

Современная геология это наука о строении, происхождении и истории земли. Она опирается на выводы астрономии, геодезии, геофизики, физической химии, минералогии, палеонтологии, метеорологии, океанографии, биологии.

Понятие о породах, слагающих земную кору.

Твердая земная кора состоит из материалов, которые называются горными породами. В свою очередь, горная порода состоит или из минералов, или из органических остатков.

Минерал - это такая составная часть земной коры, которая однородна в каждой своей точке и которая образовалась при естественных условиях; минералы могут быть и простыми химическими элементами и соединениями этих элементов. Итак, минералы однородны, горные породы, вообще говоря, неоднородны; минералы составляют горную породу, горные породы составляют

твердую кору. Но иногда эти понятия могут совпадать: некоторые минералы местами находятся в таких больших скоплениях, что их приходится считать горными породами, напр., каменная соль, углекислая известь, лед и др.

Наука, изучающая горные породы называется петрографией.

В состав земной коры входит свыше 1000 минералов, но лишь немногие играют существенную роль в ее строении.

Остатки организмов также составляют главную или существенную часть многих пород.

Земная кора слагается из трех главных групп пород: осадочных, метаморфических и изверженных.

Осадочные породы.

Осадочные горные породы - это все породы, образовавшиеся путем отложения при участии внешних сил. Поэтому их называют экзогенными, противупоставляя эндогенным, т.е. породам внутреннего происхождения.

Процесс отложения происходит в океанах, морях, лагунах, озерах, в водных потоках и на суше даже без участия воды, напр. вследствие деятельности ветра осыпей и ледников.

Большинство осадочных пород имеет слоистое строение, т.е. они представляют в своей толще наслоение более или менее параллельных пластов; но в некоторых осадочных породах слоистость не обнаруживается. Другая их особенность это та, что в осадочных горных породах часто встречаются ископаемые, которых никогда не бывает в изверженных породах /за исключением вулканического пепла/. Ископаемыми называют находящиеся в земной коре остатки организмов /животного или растительного происхождения/прежних времен .

Осадочные породы могут или непосредственно отложиться в водной среде, - это породы первичного происхождения /протогенные/, - или же они могут образо-

баться из отложений уже существовавших пород, но подвергшихся с течением времени переработке; такие осадочные породы называются породами вторичного происхождения или обломочными /также кластическими и лейтогенными/.

Осадочные породы первичного происхождения образуются или вследствие выделения в воде осадка, - химическим путем, или путем накопления органических остатков.

Химический осадок получается благодаря выпадению веществ, находящихся в растворенном состоянии в воде, при ее испарении. Так отлагаются: углекислый кальций, сернокислый кальций в виде ангидрита или гипса, каменная соль и др.

Осадочные породы органического происхождения образуются вследствие накопления на дне водных бассейнов скелетов некоторых животных и растений, живущих на дне бентальных, но преимущественно из живущих в самой толще воды, чаще близ поверхности, - планктонных.[1] Скелеты этих животных состоят или из извести - по большей части углекислой, - или из кремнезема, или из целлюлозы. В морской воде количество углекислой извести ничтожно, сернокислой больше; поэтому предполагают, что животные перерабатывают в своем организме сернокислую известь в углекислую. Кремнезема в воде также очень мало, но за то в ней всегда находятся частицы глины, которая и перерабатывается организмами в кремнезем.

Осадочные породы первичного происхождения так же, как и всякие другие, могут быть впоследствии переработаны и могут образовать осадочные же породы вторичного происхождения.

1/ Планктоном называют те организмы из живущих в толще воды, которые пассивно переносятся лишь движениями воды; те же, которые сами перемещаются на значительные расстояния, называются - нектон.

Суша постоянно подвергается разрушающему действию атмосферы и воды. Горные породы, слагающие поверхность суши измельчаются вследствие выветривания. Ветер подхватывает мелкие частицы, переносит их и отлагает на других местах.

Атмосферные осадки, стекая по склонам неровностей, непрестанно работают над разрушением земной поверхности, размывая ее и действуя в то же время химически. Образуются ручьи, потоки и реки, которые все глубже врезываются в возвышенные части суши и переносят частицы пород в ниже лежащие местности. Далее, реки несут массу твердого материала в океан, куда они доставляют также и все вещества, растворенные в их водах и выщелочные ими из пород суши.

Ледники, двигаясь по своему ложу, отрывают от него глыбы горных пород и переносят их вниз по своему течению.

Прибой, разрушая берега, отрывает от них массу твердых частиц, которые относятся волнами от берега, а течения разносят их все далее и далее.

Из всех твердых частиц, снесенных с материков, образуются осадочные породы вторичного происхождения в виде отложений на дне океана или на материках в равнинах, руслах водных потоков, на дне озер, на склонах гор.

К обломочным горным породам, состоящим из наиболее крупных зерен, относятся галечники, гравий, конгломераты и брекчии.[1]

Речной галечник отлагается там, где уменьшается скорость течения; морской - около самых берегов на прибрежной платформе; из него же главным образом

I/ По величине зерен обломочные породы делятся на: псефитовые - из самых крупных обломков, псаммитовые из средних и пелитовые из самых мелких.

состоят и береговые /галечные/ валы на некотором расстоянии от берега. Конгломераты и брекчии состоят из сцементированных обломков, первые из округленных, вторые из угловатых.

Обломочные породы из зерен средней величины - - это пески, а если песчинки сцементированы,то - песчаники. Ветер образует большие скопления песка на материках. Речные пески отлагаются в тех местах, где скорость течения соответственно уменьшается, чередуясь с прослойками гравия или глины. Морские пески отлагаются на большем расстоянии от берега, чем галька, образуя песчаную полосу.

Обломочные породы с самыми мелкими зернами - это разного рода ил, минерального,органического или смешанного происхождения. На суше такие породы представлены глиной, мергелем, опокой, мелом.[I] В океане эти породы осаждаются на гораздо большем расстоянии от берегов, чем породы первых двух групп, так как мелкие частицы остаются в воде во взвешенном состоянии гораздо дольше, и, осаждаясь, образуют вдоль берегов пояс континентального ила /терригенного/.

В открытое море далеко от берегов глинистые частицы берегового происхождения уноситься не могут, так как в соленой воде они быстро осаждаются.

В океане вдали от берегов на больших глубинах дно покрыто красной глиной; по Дж.Меррою она состоит из продуктов разложения элементов вулканического происхождения и отчасти космической пыли с остатками организмов, главным образом кремнистых.

Осадочные породы могут происходить и другими путями, напр. вследствие отложений материала ледниками, плавающими льдами, вследствие выпадения продуктов вулканических извержений, падения космической

I/ Глина - продукт разложения полевых шпатов, в чистом виде водный бисиликат аллюминия. Мергель - смесь глины и извести. Опока - глина, богатая кремнеземом органического происхождения. Мел - скопление известкового ила; морской - органического происхождения, Озерный - неорганического.

ники.

Таким образом, осадочные породы отлагаются главным образом на дне морей и океанов горизонтальными или почти горизонтальными слоями. Состав слоев, отлагающихся с одной и той же области, в разное время может быть различным в зависимости от изменения рода тех продуктов, которые получаются от разрушения прилежащих частей суши. Отсюда понятно образование различных наслоений - стратификация. Понятно также, что в различных местах отложения, образовавшиеся хотя бы одновременно, могут различаться по своему составу.

Конечно, образование отложений идет быстрее всего вблизи берегов, в открытом же океане оно гораздо медленнее.

Осадочные породы, отложившиеся на дне водных бассейнов, подвергаются с течением времени физическим и химическим изменениям, которые могут совершенно изменить первоначальную природу отложений. Поэтому осадочные породы древнего происхождения значительно отличаются от современных.

Уже непосредственно после отложения на дне водных бассейнов, начинаются гидрохимические процессы, которые вообще ведут к преобразованию рыхлых пород в более плотные. /Его называют "Диагенезис"./ К таким процессам относятся: растворение некоторых элементов породы, их окисление, цементация, преобразование некоторых пород в другие и др. Разложение органического вещества умерших животных, скопляющихся на дне, и разложение растительных масс приводит к образованию нефти, торфа и ископаемых углей.

Метаморфические породы.

На земной поверхности, кроме осадочных, встречаются горные породы другого рода, отличающиеся от первых кристаллическим строением. В сериях отложений

иногда наблюдается последовательный переход от находящихся в самом верху осадочных пород к глубже лежащим слоям с все большим и большим количеством кристаллических элементов и, наконец, в основании серии залегают слои вполне кристаллических пород. Одни из этих пород бывают слоистыми, как и осадочные, другие же никакой слоистости не обнаруживают. Большинство из них имеют сланцеватую структуру, т. е. листоватые элементы породы располагаются в параллельных плоскостях, почему эти породы часто называют кристаллическими сланцами.

К вполне кристаллическим породам относятся напр. слюдяной сланец, состоящий из кристаллических зерен кварца и листочков слюды, и гнейс, в котором к элементам слюды и кварца присоединяются кристаллы полевого шпата.

Еще глубже, еще далее от верхних осадочных пород, гнейсы переходят в гранито-гнейсы с очень слабой сланцеватостью, а далее в гранит, состоящий из тех же элементов, как и гнейс, но не имеющий ни сланцеватости, ни слоистости.

Ни кристаллические сланцы, ни граниты не заключают в себе ископаемых.

Относительно происхождения кристаллических пород взгляды геологов до сих пор расходятся. В прежнее время считали, что они представляют собою первоначальную твердую кору, образовавшуюся при охлаждении земного шара. Теперь такой взгляд сохранился у некоторых европейских ученых на природу гранитов и гнейсов, другие считают только гранит за первоначальную кору или же за остывшую изверженную породу; наконец, существует мнение, что гнейсы это преобразованные давлением граниты или же химические осадки, образовавшиеся при особых условиях.[1] Однако постепенно приобретает все больше сторонников другое объяснение происхожде-

---

I/ Ог. Геология. 1914г. с.189.

ния гнейсов и гранитов также, как и всех кристаллических пород.

По мере накопления слоев осадочных пород вследствие непрерывного отложения на дне водных бассейнов их нижние слои подвергаются все увеличивающемуся давлению. Участки земной коры в таких областях, вследствие увеличивающегося веса отложений, все глубже погружаются в тело земли и потому температура их постепенно повышается. Кроме того, породы всех слоев заключают в себе воду, которая может проникать очень глубоко. Действием воды на осадочные породы под большим давлением и при высокой температуре и объясняют превращение этих пород в кристаллические. Происходящие при этом изменения пород называют метаморфизмом, а измененные породы - метаморфическими. Такой взгляд на происхождение кристаллических сланцев подтверждается многими обстоятельствами а также опытами Добре. В настоящее время установлено происхождение метаморфических пород из осадочных не только первичной эры, но также вторичной и даже, может быть, третичной. Что касается гнейсов и особенно гранитов, то, как было указано выше, многие считают их образовавшимися совершенно другим путем и относят их к группе пород глубинного происхождения.

Изверженные породы. I/

Изверженные /Эруптивные/ породы представляют собою продукт застывания магмы на поверхности земной коры /вулканические, поверхностные, излившиеся/ или на некоторой глубине /интрузивные/. В состав их входят небольшое число минералов, главным образом силикаты. Эти породы совершенно не обнаруживают какой либо слоистости; наоборот они однообразны во всей массе. Они

I/ Номенклатура пород этой группы у разных авторов различна. Приведенные здесь названия может быть грешат с точки зрения петрографии, но они удобны для географии. Термин изверженные" принят как противополагающий эти породы метаморфическим". /Ог. Геология, 1914 г. I, с. 3I9/

бывают или вполне кристаллическими, или кроме кристаллов заключают в себе еще аморфную массу, или же бывают почти вполне аморфными стекловатыми.

К числу изверженных пород относят: трахиты, базальты и др. Хотя вопрос о происхождении гранитовидных пород не получил еще одного решения, но во всяком случае они образовались на глубине, все равно от застывания ли магмы или под влиянием метаморфизма; поэтому их называют глубинными породами. Геологи объединяют их в одну группу с породами изверженными и Ог дает такую классификацию:

Породы глубинного происхождения:

1/ Поверхностные, т.е. изверженные или вулканические.

2/ Полуглубинные, т.е. интрузивные.

3/ Глубинные, т.е. гранитовидные. Однако в классификации эруптивных /т.е. изверженных/ пород на стр. 323 у него помещены все три группы.

ОСНОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЛЕТОСЧИСЛЕНИЯ.

Наука не располагает средствами для определения абсолютного возраста горных пород. Но хотя нельзя вычислить сколько времени прошло с момента образования какой нибудь породы, оказывается возможным определить ее относительный возраст, т.е. сказать древнее ли она других пород или моложе их. Один из признаков, служащих для определения этого, основан на способах залегания пород, которые мы сейчас и рассмотрим.

Древность кристаллических пород, их залегание.

Разбор наблюдаемых фактов приводит к тому заключению, что кристаллические породы наиболее древние из всех нам известных; поэтому их называют иногда основными. Факты эти следующие.

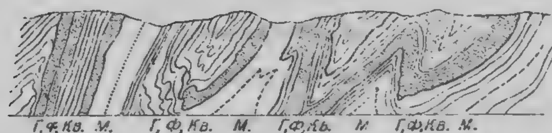
Во многих местах, как было указано, кристаллические породы обнаружены непосредственно лежащими в основании осадочных, которые могли отложиться на них только позднее.

Затем, везде, где встречаются кристаллические поро-

ды, не прикрытые другими позднейшего происхождения, имеются основания утверждать, что и в этих местностях осадочные породы некогда покрывали кристаллические, но впоследствии были снесены работой воды, льда, ветра и т.п.

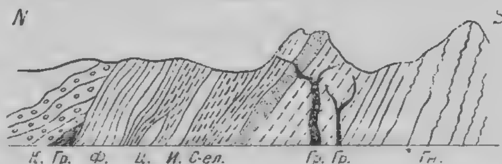
Кристаллические породы выходят на поверхность суши или в виде обширных, более или менее уединенных массивов; или длинными, узкими поясами в центральных частях горных кряжей. В первом случае поверхность областей, где выступают кристаллические породы, обыкновенно бывает более или менее сглажена работой атмосферных агентов, сами же массивы состоят из круто согнутых складок /фиг. 20/ или из пластов, правильно чередующихся и наклоненных в одну сторону /фиг. 21/.

Фиг. 20.



Восточная Канада.
М.- Кристалический мрамор
Г,Ф,Кв.- гнейс, филлит, кальцит.

Фиг. 21.



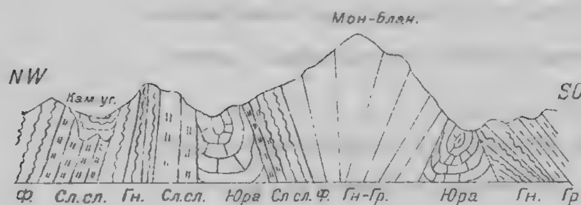
К.- Кембрий Ф.-Филлит С-сл.-Слюдяной сланец
Гр.-Гранит И.-Известняк Гн.-Гнейс

Баварский лес.

Примеры массивов: Скандинаво-Финляндский, Богемско-Моравский, Французский центральный /Овернь/ Бретань, Южная Россия, Канада, Лабрадор и область Гудзонова залива, Восточная Бразилия и др.

Во втором случае, когда кристаллические породы выступают в области складчатых гор, они находятся часто в наиболее сжатой части складок. Складки иногда бывают на столько круты, что пласты располагаются вертикально, напр. в массиве Монблана /фиг. 22/ С. Готарда /Кавказ, Гималаи/. Верхние части складок, иногда веерообразных

Фиг. 22.

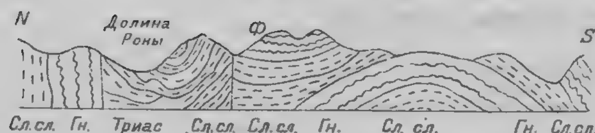


разрушены. Но иногда слои кристаллических пород встречаются в осях гор и мало изогнутыми, как бы куполообразно, /фиг.23/.

Простирание складок кристаллических пород бывает очень большое, напр. от штата Георгия до устья р. Св. Лаврентия.

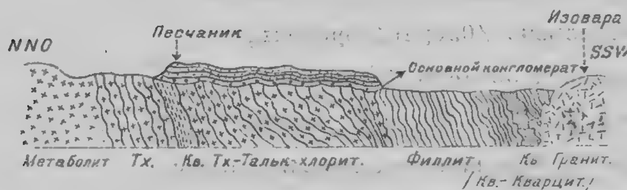
Фиг. 23.

Симплон.



Изучение характера залегания кристаллических пород показывает, что слои их претерпели наибольшие нарушения нормального залегания из всех других пород: они всегда сильно изогнуты, подняты, прорваны и т.п. Это также говорит за то, что рассматриваемые породы наиболее древние, так как в раннюю эпохи своего образования земная кора должна была претерпевать наибольшие деформации и, кроме того, ранние слои участвовали и в последующих ее движениях, почему были нарушены еще более.

Фиг. 24.



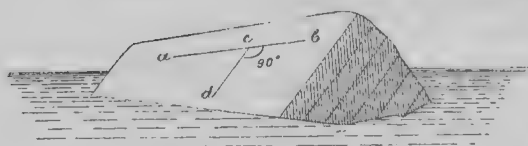
Финская Лапландия около Изовара.

Кристаллические породы встречаются повсеместно и вероятно они везде служат основанием для осадочных пород на достаточной глубине, охватывая весь земной шар. Все это указывает на то, что кристаллические породы являются наиболее древними. Ранее их считали даже за остатки первозданной коры земного шара, но из всего изложенного ясно видно, что первичная кора не могла сохраниться.

Залегание осадочных пород.

В спокойных водах на глубине океана происходит отложение осадков, которые ложатся на дно в виде горизонтального или почти горизонтального слоя и только вблизи берегов слой этот может иметь значительный наклон.

Наклоном слоя или его падением называют угол, составляемый слоем с горизонтальной плоскостью; простиранием слоя называется его протяжение по горизонту; оно определяется направлением горизонтальной линии, проведенной на поверхности слоя и указывается соответствующим румбом /фиг. 25/.



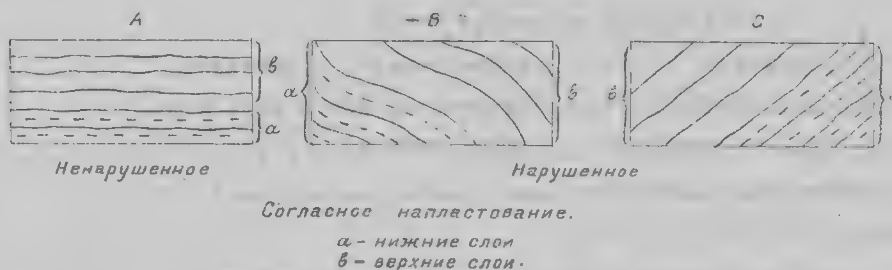
Фиг. 25
ав.- линия простирания
cd - линия, указывающая наклон.

Если вследствие каких нибудь причин меняется состав отложений или их быстрота, то получается слоистость отложения или стратификация; т. е. в этом случае наблюдается несколько лежащих один на другом слоев, разделенных более или менее заметными плоскостями наслоения, параллельными между собою.

В природе встречаются различные виды напластования. Если слои во всей толще отложений параллельны между собою, то такое напластование называется соглас-

ным. Оно может быть ненарушенным /спокойным/, когда слои не изменили своего первоначального положения, т.е. когда они остались близки к горизонтальным /фиг. 26 А/; если же все слои одинаково выведены из первоначального положения, т.е. приподняты, круто наклонены, частями сдвинуты, изогнуты или сложены в складку, - это нарушенное согласное напластование /фиг. 26 В и С/.

Фиг. 26



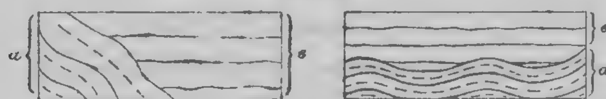
Согласное напластование.

а - нижние слои
в - верхние слои.

При согласном напластовании простирание и падение всех слоев одинаковы. Это указывает на то, что отложение различных слоев осадков происходило без перерыва или же, если и был перерыв между отложением верхних и нижних слоев, то за это время нижние слои не были нарушены.

Несогласным называют такое напластование толщи пород, в котором заметны два ряда отложений, причем верхние слои не параллельны нижним /фиг. 27/. В этом случае очевидно, после того, как отложились нижние

Фиг. 27



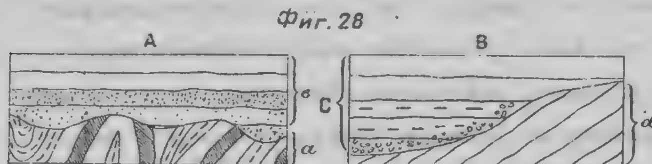
Несогласное напластование.

слои, произошел перерыв, в течение которого их положение было нарушено, и только после этого стали отлагаться верхние слои.

Трансгрессивное напластование это такое несогласное

напластование, в котором поверхность, разделяющая верхнюю серию слоев от нижней, подверглась разрушению от действия внешних сил, напр. выветриванию /фиг. 28 A/.

Фиг. 28



Трансгрессивное напластование.

Или же это такое напластование, в котором как нижние, так и верхние слои осадочных пород морского происхождения залегают на породы другого происхождения /или такого же, но в последнем случае необходимо присутствие еще особых признаков/, причем верхние слои все более и более перекрывают нижние, /фиг. 28 B/. Трансгрессивное напластование указывает на то, что после отложения нижних слоев море медленно наступало на сушу; это явление называется морской трансгрессией.

В ряде осадочных отложений очевидно верхние слои более позднего происхождения, чем лежащие под ними; это верно, конечно, только в том случае, если слои не перевернуты движением земной коры. Поэтому изучение вертикального расположения напластований дает возможность определить их относительный возраст; это так называемый стратиграфический признак.[1/] К этому надо добавить, что если какая нибудь порода, находясь в расплавленном состоянии, прорезала выше лежащую и застыла сверх нее, или же, не дойдя до поверхности, застыла внутри ее, то очевидно она более позднего происхождения, чем эта порода, оказавшаяся теперь ниже ее. Это свойственно породам вулканического происхождения.

1/ Часть исторической геологии, которая описывает слои в порядке их относительного возраста, называется стратиграфией.

Палеонтологический признак.

Но стратиграфический признак позволяет определить возраст пород только в той области, на всем пространстве которой можно проследить одни и те же слои. Он не применим для мест, находящихся на большом расстоянии друг от друга, так как в различных местах земного шара в одно и то же время отлагаются различные осадочные породы в зависимости от различия продуктов сноса с берегов и организмов, населяющих соответственные части океана. Напр. в одном месте отлагается ил в то время, как в других известняки, гравий и пр.

В этом случае приходит на помощь другой признак - палеонтологический,[1/] позволяющий определять хронологию наслоений по тем ископаемым, которые в них находятся.

Труды нескольких поколений ученых, среди которых выдающуюся роль надо отвести Чарльзу Дарвину дали нам главнейшие основания развития органической жизни на земле, из которых для нас важны следующие три положения.

1/ Органическая жизнь на земном шаре началась с самых простейших организмов и затем, никогда не прерываясь, развивалась в определенном порядке путем совершенствования организмов, переходивших в более высокие формы. Поэтому организмы, населяющие землю в какую нибудь геологическую эпоху, являются потомством форм, обитавших на земле в предшествующую эпоху.

2/ Вымершие виды организмов никогда не возобновлялись и не повторялись.

3/ Ископаемые, включенные в отложения одного возраста на всем земном шаре, принадлежат к формам, свойственным определенной эпохе, и потому отличаются от форм других эпох.

Третье положение и дает возможность определять возраст слоев.

1/ Палеонтология изучает флору и фауну прошлых времен.

Так как развитие органического мира совершалось постепенно и чрезвычайно медленно, то, конечно, ископаемые, находимые в слоях одного времени, не будут совершенно встречаться в слоях другого, только в том случае, если эти времена отделены друг от друга огромным промежутком. При делении же геологического времени на более короткие промежутки ископаемые более древних слоев исчезают лишь постепенно при переходе в более новые слои. Тут важную роль играют руководящие ископаемые, т.е. такие, которые встречаются во всех слоях одного возраста. Особенно пригодны для этой цели те животные, которые существовали недолго и имели большое распространение на земле.

Палеонтологический признак позволяет сравнивать возраст и тех слоев, непрерывность которых не может быть прослежена, т.е. находящихся в разных областях земного шара, даже в том случае, если их литологический характер различен, т.е. если они состоят из различных горных пород. А мы уже видели, что в разных областях как материков, так и океанов одновременно отлагаются различные породы; поэтому одинаковые ископаемые могут встречаться в слоях различного минералогического состава.

Но в разных областях земли в одну и ту же эпоху обитают и совершенно различные организмы, поэтому и ископаемые в различных одновременных отложениях не должны быть вполне одинаковы. В этом случае помогает изучение так называемых фаций.

Геологическая фация есть совокупность литологических и палеонтологических особенностей слоя в определенном месте. 1/ Изменения каждого наслоения в различных местах изучаются геологией, которая исследует фации как континентальной среды, так и морской, и среды лагун и устьев.

1/ Ог. Геология. 1914. с 158. т. I.

Не излагая полученных геологией выводов, укажем только, что по большей части переход ископаемых в различных фациях одного и того же наслоения совершается постепенно и руководящие ископаемые встречаются в большей части фаций, что и позволяет установить их одновременность.

Если же два одновременные слоя не заключают в себе общих ископаемых, то синхроничность их приходится устанавливать иначе. Для этого надо проследить непосредственный переход одного слоя в другой или же, если они разделены промежутком /фиг. 29/, сравнить подстилающие их слои и покрывающие; если слои, ниже лежащие а - а, одинаковы, а также и выше лежащие слои с - одинаковы, то и определяемые слои в - в синхроничны. В некоторых отложениях

Фиг. 29

Долина



Одновременность двух слоев разных фаций (в,в) устанавливается двумя тождественными слоями находящимися внизу (а,а) и вверху (с,с).

обнаруживается резкая смена фаций в вертикальном направлении. Это приводит к заключению, что в данной области физические условия резко изменялись. Такие именно признаки вместе с несогласным напластованием иногда приводят к заключению о затоплении суши в данном месте или наоборот об осушении части земной коры, бывшей ранее дном моря. Это привело к установлению существования в различные эпохи морских трансгрессий и регрессий I/ и к представлению о геологических циклах.

Цикл геологических явлений.

Мы уже неоднократно говорили о том, что повсюду на земле, совершаются одновременно три явления: разру-

---

I/ Морской трансгрессией называется наступание моря на часть суши, происходящее вследствие опускания последней. Морской регрессией называют противоположное явление.

шение суши, перенос материалов разрушения и отложение осадков.

То время, в течение которого в какой нибудь области происходит отложение, можно рассматривать как фазу подготовки материалов для образования горных пород. Это время геологи называют фазой литогенезиса. Она сменяется фазой орогенезиса, втечение которой происходят нарушения залегания пород; они перегибаются в складки, в них появляются трещины, разрывы, происходят сбросы и сдвиги. Таким образом формируется рельеф земной коры. Наконец, наступает третья фаза - глиптогенезиса.[I/] Это фаза изменения рельефа вследствие разрушения горных пород под действием атмосферы и воды, которая заканчивается превращением местности в почти равнину /предельная равнина-пенеплен/.

Таким образом, в жизни данной области повторяются явления, с которых мы начали, цикл замыкается.

Если изучаемая местность, превращенная в почти равнину, начнет опускаться вследствие изгибания земной коры и будет залита морем, т.е. если она подвергнется морской трансгрессии, то на ней, как на дне моря, вновь начнется отложение осадков, вновь наступит для нее фаза литогенезиса и ею начнется новый геологический цикл.

Геологическая хронология.

Исследование напластований в Европе показало, что она прошла через три последовательные главнейшие цикла с того времени, когда отложились первые слои, заключающие в себе ископаемые. Продолжительность каждого цикла и принимается за наиболее крупное подразделение геологического времени и называется - эра. Кроме трех эр, первичной, вторичной и третичной или лучше - древней, средней и новой, соответствующих трем циклам для Европы, установлено, что первичной эре предшествовало еще несколько циклов; разделить их не представляется до сих пор возможным, так как их отложения не содержат

I/ λίθος, - камень; ὄρος, - гора; γλυφή -резьба, углубление.

определенных ископаемых, и потому соответствующее им время объединяется в одну эру - агнотозойскую или археозойскую /протерозойскую/.

Отложения слоев, образовавшиеся в течение одной эры называют группой.

Эра подразделяются на периоды, периоды на эпохи, эпохи на века.

Группа подразделяется на системы, системы на отделы, отделы на ярусы.

В следующей таблице приведены подразделения, принятые в геологической истории земли, причем наиболее древние напластования, как лежащие в основании других слоев, помещены внизу таблицы. Они названы архейской группой, как это принято многими авторами, но Е.Ог в первом томе геологии называет ее агнотозойской, некоторые же дают ей название азойской. Подразделений архейской группы, пригодных для всех стран, не установлено как это отмечает А.П. Павлов, но другие делят ее на два периода, как напр. Е.Ог. Наконец, существует мнение, что надо принять две эры /или группы/ до первичной, именно Азойскую или Архейскую с периодами безводным и океаническим и Археозойскую или Альгонкскую, породы которой содержат первые признаки органической жизни. Разница, как видно, только в определении относительной ценности подразделений, но не в существе дела.

Новую эру некоторые разделяют на две, называя третичной эрой или кайнозойской то, что в таблице названо третичным периодом, а четвертичный период называют четвертичной эрой. В соответствии с этим отделы таблицы уже будут называться периодами.

Эра Группа	Период Система	Эпоха Отдел	
1/.4/: IУ. Кайнозойская или новая /третичная/	Четвертичный /послетретичный/	Современная /аллювий/. или Ледниковая /дилювий/ /плейстоцен/.	Современная/Голоцен/ Средняя/плейстоцен/ Древняя/пост-плиоцен/
	Третичный	Верхняя или неоген	Плиоцен Миоцен
		Нижняя или палеоген /нуммулитовый/	Олигоцен Эоцен Палеоцен /эоцен/
III. Мезозойская или средняя /вторичная/	Меловой	Верхняя	
		Средняя	
		Нижняя	
	Юрский /Юра/	Верхняя /Мальм/	
		Средняя /Доггер/	
		Нижняя /Лейас/	
	Триасовый /триас/	Верхняя /Кейпер/	
		Средняя /Раковинный известняк/	
		Нижняя /Пестрый песчаник/	
II. Палеозойская или древняя /первичная/	Пермский /диас/	Верхняя /цехштейн/	
		Средняя /красный лежень/	
		Нижняя /пермо-карбон/	
	Каменноугольный /карбон/	Верхняя /Уральская, Стефанская/	
		Средняя /Московская / /Вестфальская/	
		Нижняя /Динантская/	
	Девонский	Верхняя 2/	
		Средняя	
		Нижняя	
	Силурский	Верхняя /Готландская/	
		Нижняя /Ордовицкая/	
	Кембрийский	Верхняя	
		Средняя	
		Нижняя	

Продолжение на обороте

1/ Неозойская.

2/ Вместо названий: верхний, средний и нижний употребляют также обозначения с приставками: нео, мезо, эо, напр. неодевонский, мезодевонский, эодевонский.

4/ Происхождение названий таково: καινός -новый, ζῷον -животное, μέσος -средний, παλαιός - древний, ἀρχή - начало.

Эра Группа	Период Система	Эпоха Отдел
I. Агнотозойская. /Архейская/.	Альгонкский /докембрийский/ Архейский 5/	Подразделения агнотозойской группы имеют местный характер, общих пригодных для всех стран подразделений еще не установлено. 3/

Нигде на земном шаре, не встречается непрерывного ряда отложений всех систем от древнейшей до современной; в одном месте отсутствуют одни слои, в другом - иные. Это и понятно, потому что во всякое время осадочные породы отлагаются наиболее обильно в прибрежной полосе, тогда как в глубоководной части океана и на материках отложения происходят гораздо медленнее. Кроме того, до нас могли не дойти совершенно некоторые отложения, существовавшие в свое время в какой нибудь стране, так как они были смыты, когда эта страна выступила над уровнем океана.

Лаппаран делает следующий расчет. Главная масса осадочных образований отлагается вокруг суши полосой 250 - 300 км. ширины, а так как береговая линия всех континентов составляет 260000 км., то вся поверхность образующихся ныне отложений равна 78000000 км.^{2}. В тоже время на суше осадочные породы всех возрастов, не включая в них кристаллических сланцев, занимают 70000000 км.^{2}, т.е. приблизительно такое же пространство. Если принять среднюю толщину отложений в 10 км., что вероятно, то объем осадочных образований прошлых эпох составит 700000000 км.^{3}, что в 7 раз больше объема современных континентов; значит, чтобы получилось такое

3/ Примечание А.П. Павлова.
5/ Ог употребляет вместо названия, группа — серия"; каменноугольный и пермский периоды соединяет в один антраколитический, юрский делит на два отдела Лейасовый "и оолитический, палеоген называет нуммулитовым периодом. Системы он делит на группы, ярусы делит на подъярусы и на зоны.

количество отложений, надо чтобы континенты по обьему равные современным были последовательно 7 раз смыты и восстановлены.

Конечно, мощность отложений, образующихся в один и тот же период времени в разных местах, должна быть различная.

Совершенно нельзя утверждать, что геологические эры /или периоды/ имели одинаковую продолжительность. Наоборот, есть основания предполагать, что эры, чем древнее, тем были продолжительнее, и существует мнение, что весь четверичный период соответствует самому малому подразделению третичного - ярусу, что вся вторичная эра соответствует одному периоду первичной. Отложения же докембрийского времени на столько мощны, что они быть может равноценны в смысле времени сумме всех последующих.

Приведенные в таблице подразделения были установлены для отложений, исследованных в Европе и затем в Америке. Но даже и в разных частях Европы трудно бывает согласовать по времени напластования более мелких подразделений, а отложения южного полушария часто не подходят и под крупные

Основы палеогеографии.

Теперь нам предстоит рассмотреть главнейшие результаты попыток, сделанных для восстановления географической картины последовательных геологических периодов, параллельно с очень краткой историей земли. Для этого прежде всего познакомимся с теми основами, на которых строятся исследования о распределении суши и воды, о рельефе древних континентов и о прежних климатах земного шара.

Изучение картины распределения древних материков и морей первоначально основывалось на распределении выходов континентальных и морских отложений соответствующего периода. Это способ казалось бы самый естественный, но он чрезвычайно груб, так как отложения могут

быть на большом протяжении скрыты под более поздними а также могут быть снесены эрозией в данной области или совершенно, или же от них останутся лишь отдельные лоскуты, по которым и придется восстанавливать картину. Нахождение морских отложений в каком нибудь месте неоспоримо указывает на то, что оно было занято морем в соответствующую эпоху, но отсутствие морских отложений еще ничего не доказывает; они могли быть смыты да кроме того , и в океанах нашего времени известны места, где отложений не происходит, вследствие течений.

Континентальные отложения, включающие в своих слоях организмы, обитавшие на суше или в пресных водах, являются уже хорошим признаком, но они реже могут сохраниться , вследствие незначительной своей мощности. Так, по ископаемым растениям Зюсс установил существование континента Ангары или Северо-Азиатского в Мезозое. Папортниковая флора рода Glossopteris в континентальных отложениях Индии и Ю. Африки указывает на существование древнего материка Глоссоптериса или Гондваны /название провинции в Индии/ в конце палеозоя.

Если в отложениях двух смежных бассейнов находятся остатки животных различных форм, из этого можно заключить, что бассейны были разделены преградой, место которой может быть более или менее хорошо определено. По этому же признаку иногда можно установить факт сообщения между собою двух бассейнов, впоследствии разъединенных. Внезапное появление новых видов животных , притом таких, которые не могут считаться непосредственным потомством обитавших прежде в изучаемой области, свидетельствует об установлении ее сообщения с той соседней, где такие животные уже обитали Подобные указания может дать и современная фауна. Так существование в Австралии двуутробок, которых аналогичный род найден в Европе в отложениях Мезозоя, может быть объяснено

только сообщением, существовавшим между Австралией и Азией, прервавшимся до начала третичного периода. На Мадагаскаре выжили полу-обезьяны лемуры, когда то обитавшие в Индии; это приводит к предположению о существовавшем в прежнее время Индо-Мальгашском континенте /Лемурия/.

Важную роль играют фации. Так фации лагун и устьев позволяют установить положение древнего побережья, но особенно много приходится основываться на фациях морской среды. В ней надо различать отложения трех областей: неритовой -/ она распространяется от береговой черты до глубины 200 м. в среднем /по Огу/, т.е. занимает материковую отмель; батиальной - между изобатами 200 и 1000 м.— и глубоководной /абиссальной/, занимающей остальные глубины /Фиг. 30/. Эти области сильно различаются по физическим условиям и потому имеют различные флоры и фауны.



Фиг. 30

Схематический разрез биономических областей моря (по Огу)

В неритовой области хорошее освещение /действие света на хлорофил растений прекращается выше изобаты в 400 м. почему растения распространяются до глубин около 200 м./, постоянное движение воды вследствие волн и изменчивая температура. Животные здесь прочно прикрепляются ко дну; многочисленные травоядные и хищные, яркая окраска, обилие зеленых и красных водорослей. В батиальной области освещены и то очень слабо лишь самые верхние слои, температура очень постоянна, так как годовые колебания ее не проникают на такую глубину, воды спокойны вследствие отсутствия волнения, но течения могут распространяться на всю эту область.

Преобладают илоядные животные, окраска не яркая.

Глубоководная область лишена вовсе солнечного света, имеет вполне постоянную температуру около 0^{0}, за исключением некоторых морей, и погружена в полный покой. Только некоторые животные освещают эти глубины. Фауна глубокого океана очень однообразна, много слепых животных, полное отсутствие растительности. Раньше предполагали, что она очень древнего происхождения и сохранилась до наших дней почти без изменений, но теперь, благодаря открытию некоторых признаков, указывающих на приспособление этой фауны, считают, что ея представители лишь недавно эмигрировали из других областей и в этом видят доказательство недавнего происхождения глубоководных впадин.

Необходимо указать еще, что в описанных выше областях океана на условия жизни влияет и давление, достигающее очень больших величин на глубинах. Однако, значение этого фактора для жизни не так велико, как думали раньше. Животные, поднимаемые с больших глубин в океане, умирают; это приписывали именно огромной разнице в давлении. Но животные, которых доставали с таких же глубин в морях, отделенных от океана подводным порогом, в которых температура на дне не так отличается от поверхностной, как в океане, оказывается не умирали. Следовательно их гибель зависит более от разности температур, чем давлений.

Подразделение океана, которое описано, относится только к организмам, обитающим на дне, остальная же огромная масса вод океана населена плавающими организмами и составляет пелагическую область.

Если бы все моря имели совершенно свободное сообщение между собою и притом температура по всей поверхности земли была бы равномерно распределена, то фауна каждой морской области, неритовой, батиальной, глубоководной, была бы одинакова по своему составу на всей земле. На самом деле условия не таковы. Неритовая фау-

на в разных климатах различна, а распространение планктона определяется морскими течениями. Для обитателей неритовой области препятствием к распространению служит и глубокий океан, по крайней мере для тех животных, личинки которых не ведут пелагический образ жизни. Глубоководная фауна не может переходить через подводные барьеры, потому и ея состав в разных областях бывает различен.

Все эти обстоятельства и помогают при определении не только расположения древних океанов, но и для представления о климатах разных периодов.

Наконец, в последнее время все более приобретает значения еще один признак, настолько важный, что он должен быть особо отмечен.

Геосинклинали.

Казалось бы, что проще всего определить очертания континентов древних времен по отложениям прибрежным, напр. гравия, конгломерата, песка, и по отложениям устьев рек, проверяя стратиграфические данные палеонтологическими. Но слои неритовых формаций за определенный период времени оказывается имеют небольшую мощность; в них часто замечаются перерывы, указывающие на временное осушение области, смена фаций в вертикальном направлении частая и резкая. Поэтому нельзя расчитывать на то, что древние отложения неритовой области сохранились до нашего времени достаточно хорошо, чтобы позволить проследить по ним очертания древних берегов.

Наоборот отложения батиальные достигают огромной мощности-до нескольких тысяч метров; в них не наблюдается перерывов и переход фаций в вертикальном направлении встречается редко.

Неритовые формации распространены в местностях, которые не подвергались большим дислокациям, и потому сохраняют свое первоначальное положение. Батиальные отложения, напротив, встречаются в областях, сильно дислоцированных, и потому обыкновенно смяты и сложены в складки. Кроме того,

они обыкновенно метаморфизованы.

Как могли образоваться отложения такой громадной мощности, как батиальные формации? Если бы отложения происходили в бассейне даже очень глубоком, то он ведь был бы скоро заполнен, причем характер отложений в их толще должен был бы измениться из батиального в неритовый. Надо допустить, что дно бассейна по мере накопления отложений прогибается настолько, что глубина его остаётся постоянной, не смотря на накопление осадков /фиг. 31/. Таким образом в земной коре образуется удлиненная вогнутая складка, названная Д.Дэна геосинклиналью. Происхождение геосинклиналей Джемс Холл / J.Hall / объяснял тяжестью отложений, а Джемс Дэна / J.D.Dana / - боковым давлением. Образование таких складок, конечно, мы не можем наблюдать непосредственно, но косвенным подтверждением их существования служат глубоководные впадины на дне океана, очень часто имеющие форму длинных и узких складок. Залегание осадочных пород на поверхности земли в виде удлиненного пласта большой мощности, состоящего из батиальных образований, по сторонам которого расположены слои меньшей мощности и притом характера неритовых отложений, дает право предположить существование в этом месте геосинклинали прошлых времен.

Фиг. 31

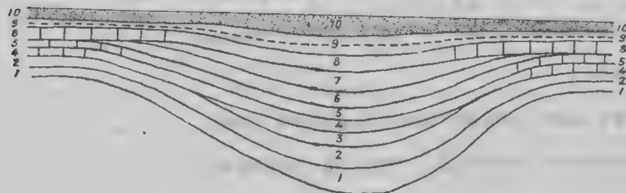


Схема геосинклинали Номера (1-10) указывают на непрерывность отложения осадков в осевой части геосинклинали и на перерывы в ея краевых частях (по Огу)

Исследования установили замечательный факт, что в горных складчатых областях отложения достигают наибольшей мощности. Так например, в Аппалачских горах мощность палеозойных отложений доходит до 12000 м. Отсюда возникла теория, по которой горные складки образуются на местах геосинклиналей.

Если это так, то определение времени, к которому отно-

сятся отложения в горных цепях, дает средство восстановить положение геосинклиналей того же геологического периода и таким образом выяснить расположение морей. Надо только установить какое положение геосинклинали занимают относительно материков. Американские ученые, которые и создали учение о геосинклиналях, предполагали, что горные цепи образуются по краям океана и что континенты увеличиваются возникновением новых цепей; следовательно геосинклинали образуются на границе океанов и материков. С этим предположением согласуется расположение глубоководных впадин Тихого океана и Индийского, но оно оспаривается другими учеными, по мнению которых геосинклинали располагаются между двумя континентальными массами. Так горы Центральной Европы расположены между более древними горами северной Европы и древним же Африканским материком. Аппалачские горы находятся между двумя древними массивами. По южную сторону Гималаев находится древний материк. Мозамбикский пролив - геосинклиналь между двумя древними континентами. С этой точки зрения геосинклинали Тихого океана являются исключением.

Итак, определение расположения геосинклиналей и вне их „континентальных площадей", на которых преобладают неритовые и континентальные отложения, дает возможность восстановить, конечно очень лишь приближенно, географическую картину прошлого.

Остается сказать еще несколько слов о том, какие признаки иногда позволяют судить об одинаковости или о различии климатов разных областей в соответствующие геологические эпохи. Такими признаками могут служить флора и фауна, а также некоторые отложения. Ледниковые отложения указывают области, занятые древними ледниками. Отложения гипса и соли встречаются в областях с сухим климатом, а если они сопровождаются песками, то

это верный признак климата пустынь.

АГНОТОЗОЙСКАЯ ЭРА.

Архейский период.

Чтобы дать определение, какие породы относятся к агнотозойской эре, надо исходить из отложений палеозойной. К древнейшим слоям первичной эры, т.е. к кембрийским, отнесли в свое время те, которые заключают в себе остатки наиболее древней известной нам фауны. Эти слои залегают несогласно на еще более древних, которые состоят по большей части из гранитов и кристаллических сланцев так же, как и древние палеозойные, но отличаются от них тем, что совершенно не содержат ископаемых, как думали раньше. Эти слои были названы архейскими. Но впоследствии в некоторых областях земли [1] были обнаружены в огромной толще этих древнейших формаций верхние слои осадочного происхождения, мало метаморфизованные или даже совсем не метаморфизованные, которые должны быть признаны за более ранние, чем кембрийские, но более поздние, чем самые древние кристаллические сланцы. В них были обнаружены остатки организмов. Эти слои были выделены в особую систему, которой было дано название Альгонкской.[2] Таким образом, Архейской системой теперь называют совокупность всех пород более древних, чем Альгонкские. В других местах земли разделения этих двух систем не обнаружено. Нижняя граница архейской системы неизвестна, так как по определению архейские породы самые древние и служат подкладкой всем остальным.

Архейская система состоит из метаморфизованных пород и изверженных. Почти везде в основании лежат гнейсы, выше другие сланцы. Граниты и сиениты, выходя на земную поверхность, занимают иногда большие пространства в виде массивов. В Финляндии Седерхольм /J.J.Sederholm/ обнаружил

1/ Именно сначала в С.Америке.

2/ Алгонкины - индейское племя в Канаде.

значительную серию сланцев, кварцитов и конгломератов несомненно осадочного происхождения.

В архейских породах встречаются частички извести, но совсем нет ископаемых. Однако в породах южной части Финляндии обнаружены следы угля, указывающие на существование в этом периоде организмов. В Канаде были найдены образования, которые считались за ископаемые и даже получили название Eozoon canadense, но потом было признано их неорганическое происхождение.

Если и существовали организмы в архейский период, то следы их в формациях были уничтожены под влиянием тех условий, при которых породы метаморфировались.

Выходы, несомненно принадлежащие к архейской системе, обнаружены по большей части в областях, лежащих к северу от параллели 40^{0} N. Они занимают Северо-восточную часть Америки /Канада, Лабрадор/, Баффинову Землю, Гренландию, все это составляют Канадский щит или Лавренцию. Затем Шотландию, острова Гебридские и Лофотенские, почти всю Скандинавию, Финляндию, северо-западную Россию; это Балтийский щит или Русская платформа, которая под толщей других образований простирается до восточной и южной окраины Европейской России. Вероятно и кристаллические породы в южной России принадлежат к Архейским. Несомненно архейские породы слагают Китайский щит и часть Сибирского огромного массива в восточной Сибири. Лучше всего архейские породы изучены в Финляндии, которая также, как русская Лапландия, состоит целиком из архейских, альгонкских и четвертичных образований. Здесь в ней различили три яруса: Катархейский, Ладожский и Ботнический.

Раньше относили к архейской системе и все другие выходы кристаллических пород, но исследования редко могли дать указания на то, что эти выходы относятся к докембрийскому времени. Таковы: в Европе Уэльс, Армориканский массив, Центральное плато Франции и Вогезы, Шварцвальд,

Богемский массив; в Пиринеях, в Альпах и Карпатах, в Балканах и Апеннинах, в Мезете Иберийской; большие пространства в Африке; в Ю. Америке - в Гвиане и Бразилии; на Мадагаскаре, Сейшельских островах, в Индостане и западной Австралии. Кристаллические породы не ограничены в своем распространении исключительно большими континентальными площадями. Они встречаются также в извилистых полосах, разделяющих эти массы друг от друга и служивших зонами геосинклиналей в первичную и вторичную эры Таковы породы в Альпах, Карпатах, Бетические Кордильеры на Алжирском побережье, в М.Азии, Иранской дуге, в Гималаях, в Японии, в Coast Ranges С.Америки, в Андах и пр. На геологических картах их показывают еще архейскими.

Архейские формации нигде не остались горизонтальными, везде они согнуты в складки и среди них изверженные породы встречаются в изобилии, свидетельствуя о сильных вулканических извержениях этого периода. Составить представление о распределении суши и воды в архейское время до сих пор не представляется возможным. Карта расположения выходов кристаллических пород - см. Lapparent. -Leçons de Geographie physique ст. 313 .

Алгонкский период.

Верхняя граница алгонкских формаций, отделяющая их от кембрийских, может быть хорошо определена только тогда, когда эти формации наслоены несогласно. В них уже довольно часты осадочные породы,мало метаморфизованные или вовсе не метаморфизованные, именно обломочные; хотя обыкновенно вся толща алгонкских слоев бывает изменена метаморфизмом. Эти слои бывают прорезаны вулканическими породами, что свидетельствует о сильной вулканической деятельности и в этом периоде.

Присутствие органических остатков в алгонкских породах установлено,в виде известняков органического происхождения и пластов каменного угля /Олонецкая губ.,

деревня Шувга; Финляндия - Суоярви/. Встречаются радиолярии и губки, следы моллюсков и ракообразных, но все это в количестве недостаточном, чтобы составить представление о фауне периода.

В некоторых местах пласты не подвергались нарушениям.

Вся совокупность исследований описываемых формаций не позволяет восстановить географическую картину периода даже приблизительно.

В недавнее время среди алгонкских пород найдены отложения ледниковые в области Великих озер, что указывает на климат более суровый, чем в настоящую эпоху; это подтверждается редкостью известковых образований в алгонкских слоях. Такой факт совершенно противоречит существовавшему до сих пор взгляду на однообразие климатических условиях в ранние периоды жизни земной коры.

В рассматриваемом периоде были очень сильны горообразующие повторные движения; они разделялись долгими периодами осаждений и затем денудации. Это приводит к заключению об огромной продолжительности алгонкского периода, может быть равной всей палеозойной эре.

Изучение направления складок дало повод предполагать / Marcel Bertrand / существование Гуронской цепи гор, протягивавшейся через Атлантический океан от области Великих озер до Скандинавии. Другая складчатая область занимает южную окраину Сибирского щита.

Хотя и преждевременно говорить о распределении материков и океанов в этот период, но Лаппаран считает возможным , что в северном полушарии находилась полоса суши на месте Атлантического океана, простиравшаяся на 100^{0} по долготе и на 30^{0} по широте и захватывавшая с одной стороны северо-восточную часть Америки, а с другой - Скандинавию.

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРА.

Кембрийский период. 1/

С начала первичной эры, т.е. начиная с Кембрийских формаций, до нас дошли ископаемые на столько хорошо сохранившиеся и в таком количестве, что по ним можно судить о состоянии органического мира в те времена. Особенно многочисленны трилобиты - ракообразные, свойственные исключительно Палеозою, и плеченогие,/брахиоподы/. Позвоночные в Кембрие не известны, также совершенно отсутствуют растения.

Хотя фауна Кембрия гораздо беднее, чем в более поздние периоды, но все таки большое разнообразие типов и высокое сравнительно строение многих форм указывают, что кембрийская фауна не может быть „первоначальной", - самой древней, наоборот ее представители должны были иметь длинный ряд предков в предшествующие периоды. Отсутствие растений объясняется тем, что нам неизвестны еще континентальные отложения кембрийского периода.

Кембрийскую систему подразделяют на три отдела:

Фиг.32



Распределение континентов и геосинклиналей в Кембрийском периоде. (по Огу)

1/ Cambria латинское название Уэльса

южный Джорджийский /Georgia, г. в Соед. Шт./, Акадийский /Acadie, прежнее название NE части Канады/ и Потсдамский /г. в Соед. Шт./ по виду трилобитов, в них находимых.

Кембрийские отложения известны еще недостаточно хорошо, чтобы можно было восстановить распределение суши и воды, тем не менее сделаны попытки наметить его. /Ог фиг. 32/

Можно предполагать, что в это время существовал Северо-Атлантический континент, охватывавший большую часть Канады, Гренландию, Северно-Европейское море вплоть до берегов Норвегии; его южный берег вероятно составляла Гуронская цепь. Европейская Россия также была сушей, которая, захватывая Фенно-Скандию, вероятно соединялась на севере с Северо-Атлантическим континентом. Эта суша протягивалась узким рукавом на запад по центральной Европе.

Другой континент Китае-Сибирский занимал северную и центральную Азию. Третий материк захватывал восточную Бразилию, южный Атлантический океан и западную часть Африки; его существование еще более проблематично, так как оно выводится из отсутствия Кембрийских отложений на этих частях суши. Наконец четвертый континент соединял в одно целое Индию и западную Австралию. Все северные континентальные площади подвергаются трансгрессиям, которые к концу периода достигают очень больших размеров.

Нахождение некоторых известняков указывает на то, что климат был повсюду как будто однообразный, но неожиданные находки следов ледниковых явлений в Скандинавии, в Китае и в Австралии противоречат этому и указывают на более суровый климат некоторых областей земли в Кембрийский период или же на то, что эти области были заняты горными ледниками.

Выше было сказано, что конец алгонкского периода ознаменовался сильными орогеническими движениями, почему во многих местах Кембрий залегает несогласно на Алгонкских слоях. Наоборот в различных слоях всей толщи кембрий-

ской системы несогласного напластования не наблюдается, откуда надо заключить, что горообразующая деятельность в этом периоде заметно не проявлялась. Ослабела также и вулканическая деятельность по сравнению с докембрийским временем.

Силурский период. 1/

Органический мир силурской системы гораздо богаче кембрийского. В нем появляются первые морские растения и остатки, хотя плохо сохранившиеся, растений наземных. Первые следы насекомых и первые рыбы. Впервые появляются кораллы. Руководящими ископаемыми служат трилобиты и граптолиты - гидроидные полипы. Разнообразие силурийской фауны заставляет думать, что наши знания о фауне кембрийской далеко не достаточны. Большое число типов появляется в силурском периоде внезапно и произвести их от известных нам в фауне Кембрия невозможно.

Подразделение силурского периода.

Силурская система подразделяется на два отдела: нижний - Ордовицкий и верхний - Готландский.

Подразделение периода на века, установленное в Англии, оказалось неприменимо в С.Америке, где принято другое:

Великобритания.

Эпохи.	Века.
Верхняя Готландская.	Даунтонский Лудловский Уинлокский Лландоверский
Нижняя Ордовицкая.	Карадокский Лландейльский Аренигский Тремадокский.

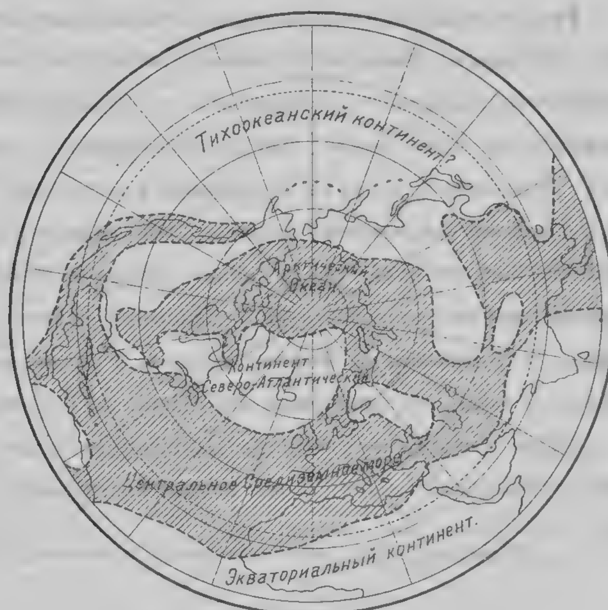
1/ Силуры - народ, обитавший в Уэльсе.

Соединенные Штаты.

Эпохи.	Века.
Верхняя.	Кайюгский Ниагарский Освигский
Нижняя.	Цинциннатский Могавский Канадский

Распределение суши и воды в Силурском периоде может быть намечено уже с большей вероятностью, чем для кембрийского, благодаря большему числу известных отложений.

Существование Северо-Атлантического материка Кембрийского периода подтверждается и в Силурском, но только часть его захватывается трансгрессией, начавшейся еще в Кембрийское время. Море распространяется здесь за те границы, которые оно занимало в Кембрие, что вытекает из залегания Силурских неритовых пород непосредственно на докембрийских по краям бывшего материка.



Фиг. 33. Распределение континентов и геосинклиналей в Силурийском периоде.(по Огу).

В центральную часть С. Америки с севера вдался длинный залив. Континент захватывает Лабрадор, Гренландию и простирается до берегов Норвегии. Южная его граница идет по Гуронской цепи, что следует из большого сходства фаун рассматриваемых частей Америки и Европы; эта фауна только и могла распространяться непосредственно вдоль берегов. К северу от этого континента вероятно находился Арктический океан. Средняя часть Европейской России занята Русской платформой, тогда как западная и северная части захватываются трансгрессией. Азиатский континент обнимает восточную и южную части Сибири и Монголию, что видно из отсутствия в этих местах Силура. К югу от него большой остров - Тибет. Южный или Экваториальный континент охватывал Бразилию, Африку, Индию и Австралию /в них нет силура/ и отделялся от Северо-Атлантического и Азиатского обширным морем - геосинклиналью. Соединялось ли море, занимавшее южную Европу, с тем которое отделяло Азиатский континент от Южного, сказать нельзя, так как в Иране и в Малой Азии не обнаружено отложений силурских или кембрийских, но на Кавказе и в Аравии недавно найдены силурские слои.[I/]

Распространение коралловых образований во всех широтах, от земли Гриннеля и севера Сибири до Арканзаса и Австралии приводит к заключению об однообразии климата вероятно на всей земле. Вообще изобилие в Силуре организмов, выделяющих известь в большом количестве, и редкость их в Кембрии заставляют думать, что климат Силурского периода был теплее, чем в предшествовавший период. Это подтверждается отсутствием ледниковых образований. В Сибири и в Соединенных Штатах найдены отложения гипса и каменной соли, указывающие на сухой климат областей.

Флора силурского периода на столько мало известна, что не позволяет вывести никаких заключений о климате.

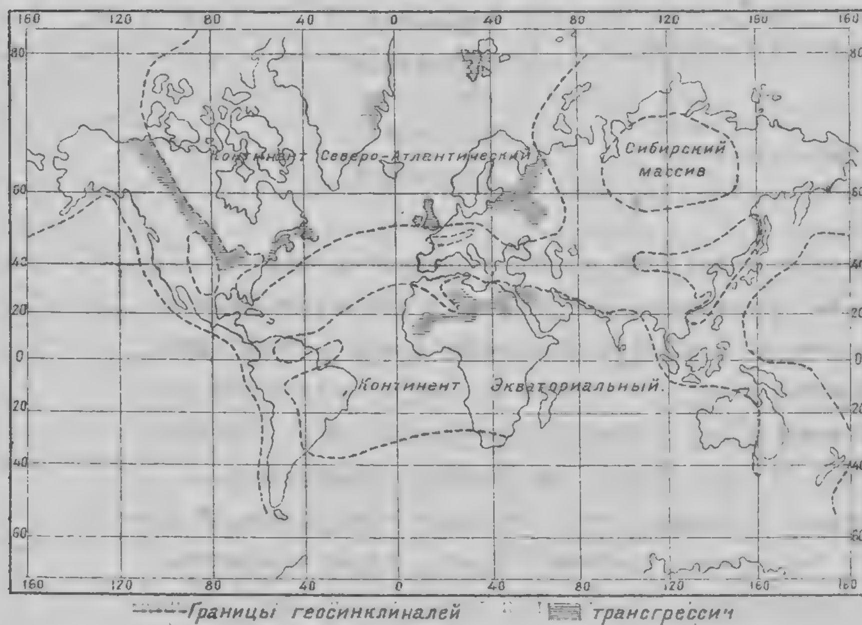
I/ А.Борисяк. Курс исторической геологии. Петербург 1922г.

Трансгрессия достигает наибольших размеров во второй половине периода; она сопровождается регрессией в геосинклиналях, в которых проявляются сильно /орогенические/ горообразующие движения. В это именно время зарождается каледонская цепь в Европе, образование которой продолжается и в следующем периоде; она идет через Англию и Скандинавию. В Америке складки образуются на западе и в области Аппалачских гор. Вулканическая деятельность в этом периоде вновь обнаруживается.

Девонский период.[1]

В девонской системе впервые встречаются настолько многочисленные остатки наземных растений, что по ним можно составить представление о флоре периода.

Фиг.34.



Распределение континентов и геосинклиналей в Девонском периоде /по Огу/.

1/ От названия графства

Руководящими ископаемыми часто служат аммониты - головоногие моллюски. Большое распространение рыб, - единственных представителей позвоночных; они принадлежат к панцирным и ганоидам. Первые дошедшие до нас насекомые.

Вообще фауна тесно примыкает к фауне Силурского периода.

Подразделение Девонской системы.

Девонскую систему подразделяют на три отдела: нижний /эодевонский/, средний/мезодевонский/ и верхний /неодевонский/

Отделы:	Ярусы:
Верхнедевонский	Фаменский Франский
Среднедевонский	Живетский Эйфельский
Нижнедевонский	Кобленцкий Жединский.

Распределение суши и воды в девонском периоде /фиг. 34/ значительно отличается от силурского, Северо-Атлантический континент увеличился с юга на всю ширину каледонской цепи, а с востока к нему присоединился весь Скандинавский щит /массив/ и русская платформа, освободившаяся от моря. Залив, так глубоко вдрявшийся в С. Америку с севера, исчез. Огромный экваториальный континент захватывает Бразилию, Африку, Индию и западную половину Австралии. Северный и южный континенты разделены морем, которое от берегов Центральной Америки тянется на восток через все Средиземное Романское море, через М.Азию, Иран, через Гималаи и Бирму. Оно получило название Тетис. Это море сообщается с Арктическим океаном широким проливом по Уралу, разделяя Северо-Атлантический континент от Азиатского, занимавшего северную часть Азии.

Часть Китая составила отдельную сушу так же, как и остров Тибетский. В середине С.Америки также существует остров. Относительно климата девонского периода нельзя вывести никаких заключений, так как об этом имеются лишь очень ограниченные указания. С одной стороны, можно думать, что в северных умеренных широтах был теплый климат, в Центральной Сибири сухой, с другой на мысе Доброй Надежды обнаружены следы ледников.

Горообразующие процессы усиливаются по сравнению с Силурским периодом, что выражается в Европе продолжающимся образованием Каледонской цепи, которая примкнула с юга к гуронской и захватила Ирландию, Шотландию, Гебриды, Скандинавию.

В течение всего периода вулканизм проявляется очень сильно.

Каменноугольный и Пермский периоды. I/

Каменноугольные и Пермские отложения имеют так много общего в отношении палеонтологическом, что их удобно рассматривать вместе, а некоторые авторы соединяют обе системы в одну, называя ее Антраколитической.

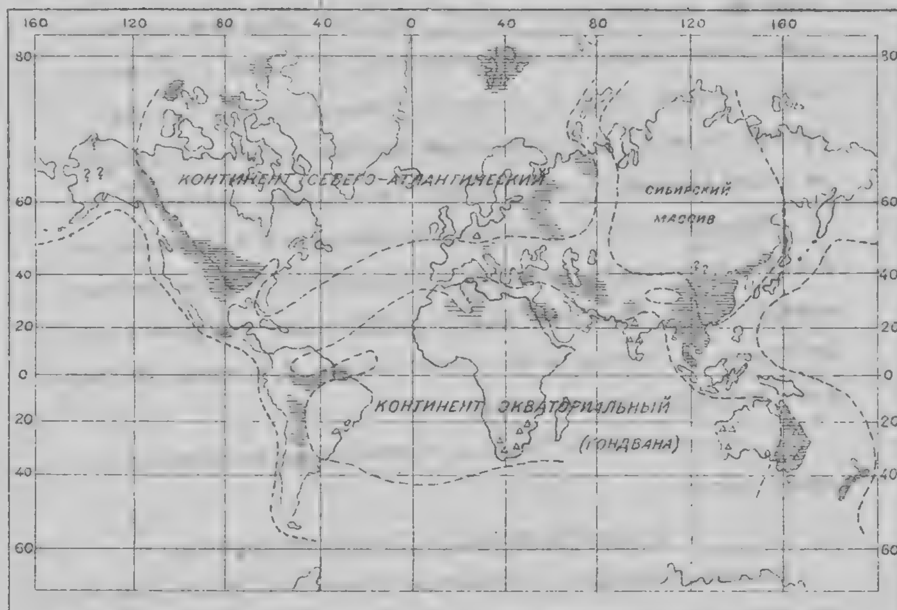
В эти периоды на суше развивается такая богатая растительность, что никакое другое время в истории земного шара не может быть сравниваемо с ними в этом отношении. Но флора этих времен была совершенно своеобразного характера; преобладали мощные древовидные папоротники и гигантские растения, похожие на хвощи и плауны. Богатство растительности имело большое значение для образования залежей каменного угля. Морская флора нам почти неизвестна.

Фауна очень разнообразна, как морская, так и на суше. Огромное развитие корненожек / Fusulinidae /, слагающих мощные пласты известняков. Появляются первые сухопутные позвоночные - земноводные амфибии - стегоцефалы и бранхиозавры и пресмыкающиеся /рептилии/.

Впервые в ряде геологических периодов континентальные отложения хорошо сохранились.

I/ Каменноугольный период получил свое название потому, что отложения его в Англии, где первоначально эта система была установлена, содержат каменный уголь. Название Пермской системы было дано Мурчисоном отложениям, следующим по времени за каменноугольными, которые были им изучены в Пермской губернии.

Фиг. 35



Распределение суши и воды в Пермский и Каменноугольный периоды – (по Огу).

△ △ Ледниковые отложения.

Подразделение антраколитического периода.

Период.	Эпоха.		
Пермский	Тюрингенская	Верхняя	Антраколитический период.
	Саксонская		
	Артинская /Отюнская/	Средняя	
Каменноугольный	Уральская /Стефанская/		
	Московская /Вестфальская/	Нижняя	
	Динантская.		

Пермский и каменноугольный периоды, рассматриваемые в отдельности, делятся каждый на три эпохи: нижнюю, среднюю и верхнюю.

В России установлено следующее подразделение пермского периода.

Период.	Эпохи.		Века.
	Верхнепермская	-	Татарский Казанский.
Пермский.	Среднепермская	-	Уфимский
	Нижнепермская	-	Кунгурский Артинский.

Распределение материков и вод рассматриваемого периода /фиг. 35/ в начале отличается лишь немного от девонского. Северо-Атлантический континент, Сибирский континент, остров Тибет, Южный континент /Гондвана/ продолжают существовать, подвергаясь местами трансгрессии; так напр. трансгрессия захватывает с севера значительную часть Европейской России. Затем море опять отступает так же, как в других местах и к концу Пермского периода, иначе сказать, к концу всей Палеозойской эры, моря занимают сравнительно очень малую поверхность. Геосинклинали значительно суживаются.

Относительно климата каменноугольного и Пермского периодов отложения этих систем дают несколько указаний.

С одной стороны, флора первой половины этих периодов отличается поразительным однообразием во всех исследованных областях и северного и южного полушарий. Это заставляет думать, что климат на всей поверхности земного шара был одинаков. Характер обильной растительности и быстрота с какой растения увеличивались в массу, указывают на большую влажность, способствовавшую образованию болот. Для произрастания такой флоры нет необходимости в очень высокой температуре. Ранее предполагали, что условия подобные каменноугольным могли существовать только при большом содержании углекислоты в атмосфере, но точных указаний на это нет.

Замечательно то, что в конце каменноугольного периода и в Пермском в некоторых областях земли появляется совершенно другая флора, называемая глоссоптерисовой по

наиболее распространенному в ней виду папортника - Glossopteris. Все эти области, предполагают, входили в состав одного континента, названного континентом Глоссоптериса или землею Гондваны. Он совпадает с более древним материком, который мы называли Южным или Экваториальным.

С другой стороны, в Индии, Австралии и южной Африке обнаружены несомненные следы оледенения в каменноугольном периоде. В Индии и Австралии остались следы движения ледников на север. Повсюду эти ледниковые явления связаны с присутствием слоев заключающих Glossopteris, что наводит на мысль приписать самое существование этой флоры, ее бедность и ее ограниченное распространение влиянию ледников. Однако в Южной Америке признаков оледенения не находится. Все известные ледниковые отложения расположены вокруг Индийского океана, приблизительно на окружности, центр которой располагается посреди океана около тропика Козерога на расстоянии 60° от полюса. Из этого заключили, что в конце палеозойского времени здесь находился полюс, а к нашей эпохе полюсы переместились примерно на ту же величину. Но в таком случае оледенение должно было бы существовать и в антиподах Индийского океана, т.е. в Мексике, а там никаких следов его не обнаружено, также, как в Соединенных Штатах, в Китае и в Европе.

Гипотеза о происхождении ледникового периода вследствие измененного состава атмосферы также не подходит к данному случаю, потому что ледниковые явления существовали лишь в одной определенной области земли. Это явление можно объяснить, если допустить, что континент Гондваны имел в это время очень большую высоту.

Наконец, еще указания на климат, можно почерпнуть в осадочных породах химического происхождения и в присутствии красных песчаников в верхних отложениях Пермской системы. Осадочные породы химического происхождения, гипс, каменная соль и др. встречаются в восточной Рос-

сии, в северной Германии, в южных Альпах и в Соединенных Штатах. Они несомненно морского происхождения и могли образоваться только в лагунах при сильном испарении, обусловленном жарким и сухим климатом. Эти отложения повсюду сопровождаются красными глинами и песчаниками, а окрашивание осадков в красный цвет свойственно тропическим областям с сильной инсоляцией. В отложениях этого времени встречается много обломочных пород с крупными зернами, образование которых надо приписать ливням, выпадавшим после длинных промежутков засухи, что свойственно пустыням тропического пояса.

Красные песчаники попадаются только там, где совершенно отсутствуют пласты каменного угля. Эти два рода отложений повидимому требуют для своего образования противоположные климатические условия: красный песчаник - сухого климата, а уголь - климата очень влажного, умеренно теплого и вероятно, большую облачность. Сопоставляя все эти обстоятельства, мы приходим к заключению, что в конце каменноугольного периода и в начале пермского на земной поверхности климат был повсюду умеренно теплый, а влажность значительно различалась в разных областях земли: во многих местах северного полушария она была мала и тут создались условия благоприятные для образования пустынь; в южном же полушарии на континенте Гондвана влажность была значительна и благодаря его большой высоте она вызвала обильные снегопады и образование ледников. Вследствие этих условий богатая флора каменноугольного периода обеднела в пермском.

Следы складчатости антраколитического периода обнаружены на всех континентах. Горообразующие процессы были очень сильны. В Европе в это время образовались Арморикско - Варисские складки или Герцинские, охватывающие центральную Европу. Вулканическая деятельность очень сильна.

МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРА.[1]

Триасовый период.

Подразделение Триаса.

Верхний	Рэтический Норийский Карнийский
Средний	Ладинский Вирглорийский
Нижний	Верфенский

Верфенский этаж представляет собою нижний Триас в Альпах. В Индии ему соответствуют три этажа, по порядку с низу: Гангский, Гандарский и Якутский.

Вирглорийский этаж называется также Динарским или Анизийским.

Французская школа относит Рэтический век к следующему Юрскому периоду.

Флора Триаса еще примыкает к флоре Пермского периода; преобладают хвойные и цикадовые /саговники/ растения.

Фауна является промежуточной между пермской и юрской. Многие моллюски свойственны только этому периоду. Пышный расцвет аммонитов, которые служат руководящими ископаемыми, появляются первые костистые рыбы. Очень много видов земноводных и пресмыкающихся, часто известных, нам только по оставленным ими следам / хиротерий / В верхних слоях Триаса найдены остатки первых млекопитающих, принадлежащих к сумчатым.

Изучение географической картины Триаса затрудняется тем, что морские отложения этого периода встречаются

1/ Название Триас было дано в Германии системе слоев промежуточных между пермскими и юрскими, как обнимающей три слоя.

главным образом в трудно доступных складчатых областях и там фация их такова, что они легко могут быть приняты

фиг. 36



Распределение суши и воды в Триасовый период (по Огу).

за отложения палеозойные. Главным образом морской Триас залегает в геосинклиналях вторичной эры, в местах будущих складок. По этим отложениям можно установить существование Тетиса на пространстве от Испании до Зондских островов /фиг. 36/ и моря вокруг нынешнего Тихого океана.

Сообщение Тетиса с Арктическим океаном вдоль Урала, существовавшее в Палеозойскую эру, прекратилось и благодаря этому Северо-Атлантический континент соединился с Китае-Сибирским. Часть Северо-Атлантического материка, по крайней мере на севере, была захвачена морем в начале и в середине периода, так как на Шпицбергене, на Медвежьем острове и может быть на земле Эллесмера обнаружены не нарушенные напластования Триаса. С другой стороны море освободило часть Соединенных Штатов к восто-

ку от скалистых гор.

В южном полушарии континент Гондваны попрежнему существует, охватывая почти всю Ю.Америку, Африку и Австралию до Н. Зеландии.

Указаний на климат Триасового периода найдено очень немного. Разница между флорой северного полушария и южной гораздо меньше, чем в Пермском периоде. Значительное количество отложений химического происхождения во многих пунктах земли позволяет думать, что климат был очень сухой. Ледниковых отложений до сих пор не обнаружено. По этим данным, предполагают, что в триасовом периоде температура была значительно повышена.

Сильные орогенические движения конца Палеозойской эры сменяются относительным покоем, который характеризует всю мезозойскую эру. В Триасе нигде на земной поверхности не образуются новые зоны складчатости.

В противоположность горообразующим, вулканические явления в Триасе выражены сильно, хотя и отмечены в ограниченных областях. Вулканические извержения происходили в Испании, Португалии, в Северной Африке и вокруг Тихого океана: в Н. Каледонии, Н.Зеландии, Ю.Америке, Мексике, Аляске и в Британской Колумбии; в последнем месте находятся наиболее мощные вулканические породы, до 4000 м. толщиной, занимающие огромные площади.

Юрский период.[I/]

Подразделение Юрского периода.

Период.	Эпохи.	Века.	Эпохи.	Подпериоды.
Юрский	Верхняя /Мальм/ /Белая юра/.	Портландский /волжский/	Верхняя	Оолитовый
		Кимериджский	Средняя	
		Лузитанский		
		Оксфордский	Нижняя	
		Келловейский		

I/ Название произошло от Юрских гор, где отложения этого периода хорошо развиты и особенно тщательно изучены.

Период.	Эпохи.	Века.	Эпохи.	Подпериоды.
Юрский	Средняя /Доггер/ /Бурая юра/.	Батский	Нижняя	Оолитовый
		Байоский		
	Нижняя /Лейас/[2] /Черная юра/.	Аальский	Верхняя	Лейасовый
		Тоарский		
		Домерийский	Средняя	
		Плинсбахский		
		Лотарингский	Нижняя	
		Синемюрский		
		Геттангский		

В двух правых столбцах указаны подразделения, принятые Э.Огом.

Флора юрского периода отличается от флоры Триаса главным образом тем, что в ней исчезают некоторые устаревшие типы, сохранившиеся от первичной эры, и появляются новые, существующие до настоящих дней.

В морской фауне среди головоногих моллюсков изобилие аммонитов, но уже других семейств, чем в Триасе, и белемнитов, из которых первые особенно важны для определения соответствующих горизонтов. Многочисленны строящие рифы кораллы. Среди позвоночных - огромное количество всевозможных пресмыкающихся, почему юрский период называют иногда царством ящеров. Морские ихтиозавры, плезиозавры и др., летающие ящеры /птерозавры/ птеродактили. На суше обитали динозавры, достигавшие иногда огромных размеров /атлантозавр, бронтозавр, игуанодон/.

В конце периода появляются первые птицы - археоптерикс, имеющие некоторые признаки пресмыкающихся и снабженные зубами.

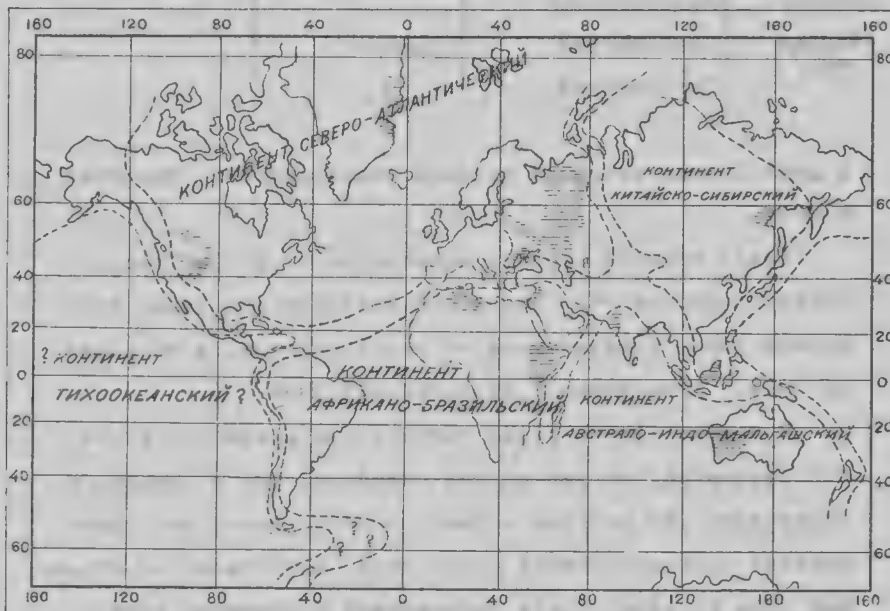
О распределении суши и воды в Юрском периоде мы знаем больше, чем в другие эпохи. Первые попытки восста-

---

I/ Слово Лейас происходит от английского "layer", слой.

новления географической картины прошлого были сделаны Марку / J.Marcou / и Неймайром / M.Neumayr / именно на основании изучения юрских отложений. Северо Атлантический континент существует в юрском периоде в тех же приблизительно границах, как существовал и в Триасовом, но большая трансгрессия захватывает временно части его,

Фиг. 37



Распределение суши и воды в Юрский период.
(по Огу).

расположенные по периферии /фиг. 37/. Особенно замечательна европейская трансгрессия, превратившая центральную и южную Европу в архипелаг островов. Китае-Сибирский континент был все время соединен с Северо-Атлантически и только в конце Юрского периода отделился от него вследствие повторившегося образования геосинклинали вдоль Уральских гор.

Континент Гондваны распадается на два вследствие возникновения Мозамбикской геосинклинали; на это указывают лейасовые отложения на северо-западе Мадагаскара.

Возможно, что эта геосинклиналь не являлась тогда проливом, совершенно разделившим два новые материка, а внедрялась между ними с севера в виде глубокого залива. Западная часть бывшего континента Гондваны составила Африкано-Бразильский маторик, восточная - Австрало-Индо-Мальгашский[I]/Мадагаскарский/. Первый материк охватывал всю южную Америку и Африку; это вытекает из полного отсутствия юрских отложений на восточному берегу Ю. Америки и на западном Африки к югу от Марокко и подтверждается сходством некоторых элементов фауны и флоры этих современных материков. Австрало-Индо-Мальгашский континент охватывал Мадагаскар, Индию и всю Австралию.

Северные материки отделялись от южных глубокой геосинклиналью - Тетисом, увеличившимся в ширине.

Гипотетично предполагают существование Тихоокеанского континента; оно указывается отсутствием юрских отложений на островах Тихого океана и наоборот, присутствием прибрежных отложений этого периода на западном склоне Андов в Чили. Вокруг этого континента идет геосинклиналь, батиальные отложения которой найдены в Н. Зеландии, Японии и на западном побережье обоих Америк. Надо думать, что южно-американская часть тихоокеанской геосинклинали сообщалась непосредственно с Тетисом, вероятно в Центральной Америке, так как юрская фауна моря в области Андов и в западной части южной Европы имеют много общих черт.

Исследование распространения фауны юрского периода приводит к чрезвычайно важному выводу. В это время уже обнаруживается заметная разница в температуре поверхности морей, следовательно в юрском периоде впервые устанавливаются на поверхности земного шара различные климатические пояса. На этом остановимся несколько подроб-

---

I/ Мальгаши - племя, населяющее Мадагаскар.

нее, чтобы показать какие явления служат основанием для таких важных заключений.

Распространение морских животных юрского периода таково, что оно ясно указывает на существование различных зоогеографических областей. Какие же препятствия могли помешать однородному распределению фауны? Таким препятствием могла явиться полоса суши, разделявшая эти области, но эта возможность должна быть отвергнута, так как установлено существование двух одновременных зоогеографических провинций в одном бассейне Англо-Парижском, а на пространстве южной России переход от северной провинции к средиземноморской совершается нечувствительно.

Другое объяснение могло бы быть найдено в существовании глубокой океанической впадины между двумя провинциями, которая воспрепятствовала бы обмену фаун. Но таких впадин на границе северной и средиземноморской провинций нигде не существовало.

Можно было бы объяснять рассматриваемое явление разницей в солености морей различных областей, но состав их фаун указывает, что соленость везде была близка к нормальной.

Таким образом, единственным возможным объяснением является существование различных климатических поясов. Неймайр предполагал существование трех поясов в каждом полушарии, Ог допускает только два: полярный и экваториальный, причем последний очень широк. Надо оговориться, что Полярный пояс установлен,для юрского периода пока только в северном полушарии, но позднее он обнаруживается и в южном.

Подтверждением, существования разницы в климатах разных областей служит отсутствие в полярных странах коралловых рифов, которые вообще были чрезвычайно распространены в Юрском периоде: они встречаются в южной России, на севере Франции и Германии и в южной половине Великобритании. Особенности в распределении

фаун различного состава легко объясняются, если гипотезу о существовании климатических поясов дополнить вытекающим из нее следствием о существовании морских течений. Тогда понятно, что в одних областях граница зоогеографических провинций резка, в других же совершенно незаметна. Кроме того, раз температура на поверхности морей в разных широтах была неодинакова, должна была возникнуть циркуляция вод в толще океана, которую преграждали лишь подводные пороги, нарушавшие однообразное распределение температуры на глубинах и препятствовавшие обмену глубоководных фаун.

Возникновение различия в климате разных областей земного шара в юрский период подтверждается интересными фактами, установленными Готаном / W.Gothan/. Араукарии антраколитического периода не обнаруживают никаких следов годичных колец и впервые эта особенность появляется у араукарий юрских. Она еще более заметна у юрских хвойных, найденных на земле короля Карла /78°N/, но не обнаруживается у современных хвойных /Coniferes / тропического пояса. Из этих фактов Готан заключает, что полярные страны в юрском периоде не только были значительно охлаждены, но что там уже обнаруживалась ясная смена времен года.

Горообразующие движения в этом периоде незначительны везде, может быть за исключением западного побережья Америк. Неоднократно в течение юрского периода морские трансгрессии распространялись на довольно значительные области континентов, в то время как регрессии охватывали область геосинклиналей. Эти явления особенно хорошо изучены в Европе.

Вулканические явления юрского периода проявились слабо в западной Европе, более сильно на востоке, особенно в Крыму, где свидетелями этой деятельности остались великолепные лакколиты / Аю-Даг /; значительной силой отличались эти явления на западном побережье Америки.

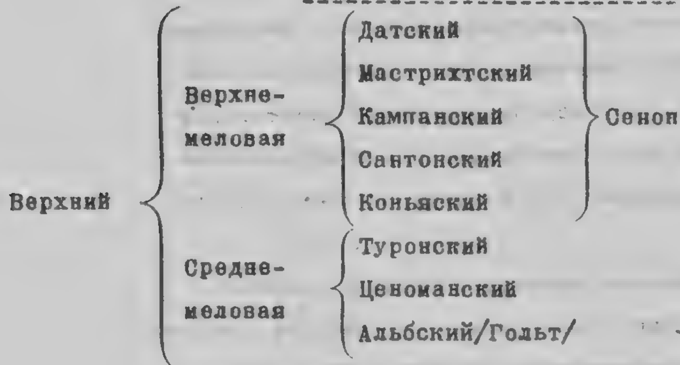
Меловой период.

Меловая система получила свое название по отложениям белого мела, из которого сложены во многих местах берега Англии, Франции и в Балтийском море. Но мел играет важную роль только в верхних слоях системы и то лишь в некоторых областях.

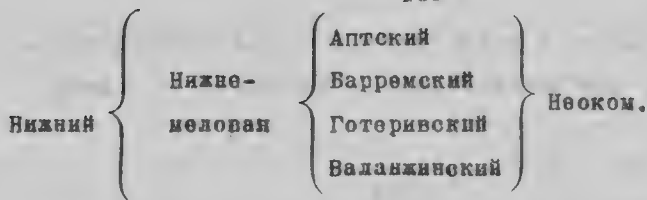
В растительном мире происходит важная перемена втечение мелового периода: в начале ее внезапно появляются первые цветковые растения, которые затем становятся преобладающими. На ряду с ними большое значение имеют и формы юрского периода, но лишь те тайнобрачные и открытосемянные, которые сохранились и до настоящего времени /папортники, саговые,[I/] хвойные/.

В морской фауне многие формы принадлежат меловому периоду; из моллюсков некоторые аммониты и особенно рудисты / Hippurites /. Большое значение имеют морские ежи. Многочисленны фораминиферы. Среди рыб начинают преобладать костистые. Земноводных известно очень немного, зато пресмыкающиеся разнообразны; из них мозазавры - морские животные, напоминающие современных китовых - свойственны только меловой системе. Птицы меловой системы все еще имеют зубы. Остатков млекопитающих найдено немного.

Подразделение меловой системы.



I/ Цикадовые.



Одни геологи делят меловую систему на два отдела - нижний и верхний, другие на три - нижний, средний и верхний. Некоторые кладут в основание системы еще ярус Берриаский, как бы переходный от Юрской к меловой.

Исследования Лаппарана показали, что втечение мелового периода происходит заметное раздробление континентов, но по мнению Ога это явление надо понимать с некоторыми ограничениями. Во всяком случае меловой период ознаменовался самой большой трансгрессией из когда либо бывших, которая захватила огромные пространства, не погружавшиеся в воду со времени своего возникновения.

Вертикальные движения Северо-Антлантического континента в северной и южной его частях до некоторой степени противоположны.

В начале мелового периода его северные области - - Шпицберген, восточная часть Гренландии и др. находятся под водой в то время, как южные остаются сушей. Но вскоре северные области обсыхают, а южные подвергаются обширной трансгрессии, которая в середине мелового периода захватывает всю Европу с юга до Скандинавии /фиг. 38/, всю южную Россию почти до Камы, в Америке - южную часть Соединенных Штатов почти до Великих Озер и заливает с запада часть Канадского Щита вплоть до Аляски. В конце периода образуется залив между Канадским Щитом и Гренландией, но никакие признаки не указывают на разьединение Европы и С.Америки.

Китае-Сибирский континент в начале периода отделен от Скандинавского щита проливом вдоль Урала, но к середине периода пролив этот обсыхает и оба континента

сливаются. Однако к концу периода пролив снова восстанавливается. Сам Китае-Сибирский континент не подвер-

Фиг.38.



Распределение суши и воды в конце мелового периода (по Огу).

гается значительным трансгрессиям и представляет собою уже устойчивую область поверхности земли.

На Африкано-Бразильском континенте трансгрессия в конце мелового периода заливает весь север Африки и через Сахару достигает Гвинейского залива, а с другой стороны она захватывает северо-восток Бразилии. Африка вероятно все еще была соединена с Ю.Америкой в одну материковую массу.

Австрало-Индо-Мальгашский континент подвергается трансгрессии в гораздо меньшей степени, но и тут она достигает максимума в конце периода. Возможно, что Мадагаскар временно был отделен от Индостана мелким морем, но это сомнительно. Указать же время отделения Австралии от Индо-Мальгашской части конти-

нента пока невозможно.

Тетис существовал по прежнему и вероятно все еще соединялся с областью Антильских островов. Климатические условия мелового периода в общем сходны с теми, которые существовали в Юрском. Наблюдается то же распределение климатических поясов, но температура в арктической области еще не очень низка,так как во флоре Гренландии встречаются такие виды, которые свойственны современному тропическому поясу. Однако пальмы в ней уже не растут, за то они находятся в южной и средней Европе, где климат имеет характер тропического.

На ряду с вертикальными движениями континентальных площадей проявляются и горообразующие; они проявляются в областях геосинклиналей, на что указывают местные перерывы в последовательном наслоении ярусов меловой системы. Эти движения являются как бы началом гораздо более сильных, последовавших в третичную эру.

Вулканические явления возобновляются в тех местах, где произошли складчатые, т.е. главным образом в геосинклиналях, но они обнаруживаются также и на континентах. Так „траппы" Деккана представляют собою излившиеся породы, захватившие наибольшее пространство на всем земном шаре. Они занимают поверхность в 300000кв.км., имея толщину до 2000 м.

Кайнозойская эра.

Чем позднее образовались напластования горных пород, тем, вообще говоря, они более доступны нашему исследованию, и потому отложения современной эры /третичной или кайнозойской/ изучены подробнее всех других. Это дало повод некоторым авторам смотреть на составляющие ее периоды - третичный и четвертичный, - как на две отдельные эры, называя более раннюю третичной или кайнозойской, а более позднюю четвертичной или послетретичной. Эти авторы совершенно последовательно считают и дальнейшие подразделения - эпохи /отделы/ за периоды

/системы/. Мы будем придерживаться первого подразделения.

Третичный период.

Третичный период /система/ делится на эпохи /отделы/: нижнюю /палеоген или нуммулитовую/ и верхнюю /неоген/. Очень употребительно разделение эпох /отделов/ не непосредственно на века /ярусы/, но на более крупные части: палеоген разделяют на палеоцен /эоген/, эоцен и олигоцен; неоген-на миоцен и плиоцен.[I/]

Мы рассмотрим кайнозойную эру по эпохам.

Палеоген.

Начиная с палеогена, флора и фауна прошлых времен, за исключением млекопитающих, заключает в себе все отряды, свойственные настоящему времени, кроме конечно тех, которые не могут сохраняться в виде окаменелостей и тех, которые нам еще неизвестны вследствие неполноты наших знаний.

Развитие растений палеогена уже вполне зависит от влияния климата различных областей.

Среди беспозвоночных большое распространение имеют фораминиферы, из которых нуммулиты появляются только в этом периоде; они служат главными руководящими ископаемыми и по ним некоторые авторы называют палеоген нуммулитовым периодом. Нуммулиты живут и в наше время в Тихом океане. Большое разнообразие насекомых.

Одной из главных особенностей Палеогена служит появление многочисленных млекопитающих, из которых многие достигали огромных размеров. Фауна млекопитающих отличается от современной оригинальными формами. В этом же периоде появляются первые обезьяны. Некоторые позвоночные свойственны только Палеогену..

На ряду с этим органический мир Палеогена характеризуется вымиранием многих групп растений и животных, живших в меловом периоде. Исчезают многие беспозвоночные, напр. аммониты, белемниты, рудисты; из позвоноч-

I/ παλαιός - древний; γένος - рождение, νεος - новый; εως - заря; καινος - новый; ὀλίγος - мало; μείων - менее; πλείων - более.

них – пресмыкающиеся, игравшие такую большую роль в предшествовавшем периоде: ихтиозавры, мозозавры, динозавры и др. Из всех гигантских пресмыкающихся уцелели до нашего времени одни лишь крокодилы. Исчезают и зубастые птицы.

Глубоководные отложения Палеогена нам мало известны, главное же значение имеют неритические; континентальные играют большую роль, чем в предыдущие периоды.

Подразделение Палеогена.

Палеоген.	Олигоцен. /неонуммулитовый, Тонгрский/	Гхаттский
		Рюпельский
		Латторфский
	Эоцен. /мезонуммулитовый, Парижский/.	Людиенский
		Бартонский
		Оверсиенский
		Лютетиенский
	Палеоцен /эонуммулитовый, Суессонский/.	Лондонский
		Танетский
		Монский

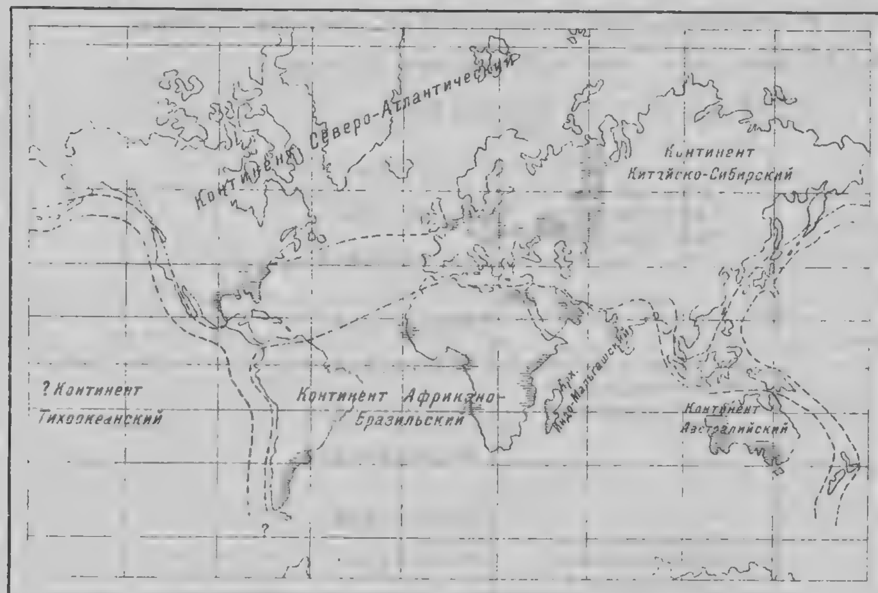
Некоторые присоединяют к Палеогену еще верхний этаж в Олигоцене – Аквитанский. Здесь он согласно Огу выделен в Неоген.

Распределение материков и воды известно нам хуже, чем для юрского и мелового периодов, потому что приходится строить выводы главным образом на распределении континентальных и прибрежных отложений.

Северо-Атлантический континент все еще существует; это вытекает из нахождения многочисленных элементов общих в фауне млекопитающих как в Европе, так и в Америке. Попрежнему он обнимает западную Европу и С.Америку /фиг. 39/, но от Европы в него входит только небольшая часть – Ирландия, Англия, часть Франции, Испании и полоса Центральной Европы, тянущейся с запада на восток

/ фиг. 40/. Связь между Европой и Америкой прерывалась в середине Палеогена, но затем снова восстановилась.

Фиг.39



Распределение суши и воды в Палеогене.

В то же время перечисленные только что области превратились в отдельные острова. Длинный залив Арктического океана врезывался в Европу через Бельты, Германию, южную Россию до Средней Азии и отделял от нее всю северную Россию - в виде острова. Китае-Сибирский континент не претерпел почти изменений. От Скандинавского Щита он отделен, по крайней мере, во второй половине эпохи, широким проливом по Уралу. Африкано-Бразильский континент вероятно еще существовал в начале Палеогена, быть может суженный в меридиональном направлении образующимся южным Атлантическим океаном. Австрало-Индо-Мальгашский материк раздробился; от него отделилась Австралия,

Индостан же и Мадагаскар или были соединены в один

Фиг.40.



----- граница суши и воды. 1-зона пиринейских складок; 2-первая фаза альпийских складок; 3-геосинклиналь конца палеогена; 4-области погружения. (по Огу).

остров, или же сообщались цепью островов. Во всяком случае Индийский океан возник в Палеогене. Тихоокеанский континент, если он существовал ранее, вероятно исчез.

Тетис занимает попрежнему протяжение от Ценральной Америки до Зондских островов. Он сильно расширен между Северо-Атлантическим и Африкано-Бразильским континентами и захватывает почти всю южную Европу до северной окраины Альп. Он сообщается с Арктическим океаном проливом по Уралу, а с Тихим соединяется в центральной Америке. Тихоокеанская геосинклиналь повидимому временно обсыхала.

Изучение Европейской фауны показывает, что климат средней Европы приближался вероятно к субтропическому, климат же прибрежных областей ее подвергался колебаниям в зависимости от изменения конфигурации отдельных бассейнов, сообщавшихся то с арктическим океанам, то с Тетисом. В Арктических странах найдены на Шпицбергене и в Гренландии остатки богатой флоры, которую неко-

торые были склонны отнести к Палеогену, но другие считают ее принадлежащей к Неогену. Таким образом, указаний на климат полярных областей не имеется.

Горообразовательная деятельность, начавшая проявляться в конце мелового периода, продолжает усиливаться в Палеогене, чтобы достигнуть наибольшего размера в Неогене. В Палеогене она проявляется повсюду в геосинклиналях Мезозойской эры. Наиболее сильные движения выразились в Европе образованием Пиринеев во время Эоцена.

Вулканическая деятельность в Палеогене также усиливается.

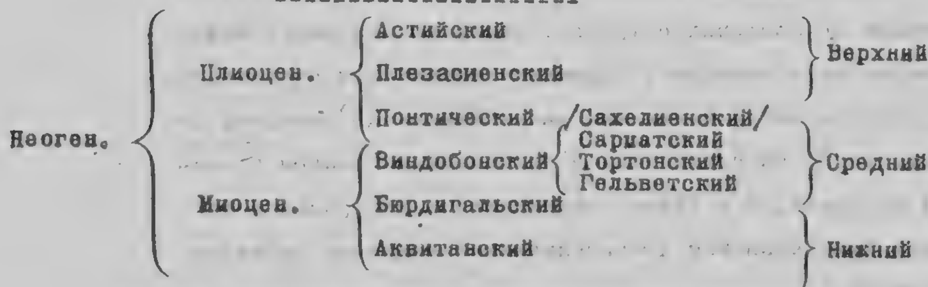
Н е о г е н.

Растительный мир Неогена еще более приближается к современному; в эту эпоху вымирают многие устаревшие виды, еще сохранявшиеся в Палеогене.

В Неогене не встречается таких животных, которые находились бы во всех слоях отдела, как были рудисты в меловой системе и нуммулиты в Палеогене, но многие встречаются исключительно в отложениях неогена.

В фауне млекопитающих появляются хоботные: динотерий, мастодонт, слон.

Подразделение неогена.



Зюсс и Ог употребляют вместо Неоген название Средиземноморский период.

В неогеновую эпоху происходят очень большие изменения в распределении воды и суши и в конце эпохи оно в общих чертах приближается к современному. В начале эпохи в Европе /фиг. 4I/ море освобождает почти весь континент за исключением области, прилежащей к Тетису. Исчезает

залив Арктического океана, занимавший пространство от Северного моря до Каспийского, также и пролив, шедший

Фиг. 41.



----- Граница суши и воды. Штриховки 1,2,3, и4 указывают области последовательных трансгрессий начала и середины Неогена (по Огу).

по Уралу. Европа присоединяется к Азии. Часть Тетиса на юге Европы претерпевает целый ряд превращений. В начале Неогена в западной части нынешнего Средиземного моря выдвигается суша и сообщение Тетиса с Атлантическим океаном происходит проливами по обе стороны ее. Эта часть Тетиса превращается во внутренний бассейн, разделенный на отдельные водоемы поднявшимися массами суши. На северном краю он охватывает выдвинувшиеся уже из воды Альпы. На северо-востоке от него отделяется огромный бассейн - Сарматское море, простиравшийся до Арала через Венгрию, юг России, Черное море, Кавказ, Каспийское море и среднюю Азию. Это бассейн, сильно распресненный, и потому фауна его смешанная, напоминающая черноморскую.

В конце Неогена острова западной части Средиземного моря опускаются, образуется Гибралтарский пролив, на востоке же на месте Эгейского моря находится суша,

соединяющая в одно целое Балканский полуостров с Малой Азией. Сарматский бассейн разбивается на отдельные водоемы.

В эту эпоху прерывается непосредственная связь между Европой и С.Америкой. Европа отделяется от Северо-Атлантического континента или проливом между Шпицбергеном и финно-Скандинавским массивом и далее к Северному морю или же в это время происходит образование С. Атлантического океана в современном виде. Наоборот, С. Америка еще продолжает входить в состав Северо-Атлантического континента, т.е. она связана с землей Гриннеля, Гренландией и Шпицбергеном. Китае-Сибирский континент, или лучше сказать Евразия, временно соединялся на месте Берингова пролива с С.Америкой.

Мы не имеем никаких указаний на существование Африкано-Бразильского материка, надо думать, что он разделился на два - Ю.Америку и Африку, и возник южный Атлантический океан. В конце Неогена устанавливается связь между С.Америкой и Южной и Атлантический океан отделяется от Тихого. Повидимому в эту эпоху уже определились все три океана, а также и Северное Полярное море. Сходство морской фауны Антильских островов и Средиземного моря в Неогене так велико, что надо допустить связь этих областей цепью островов и малых глубин.

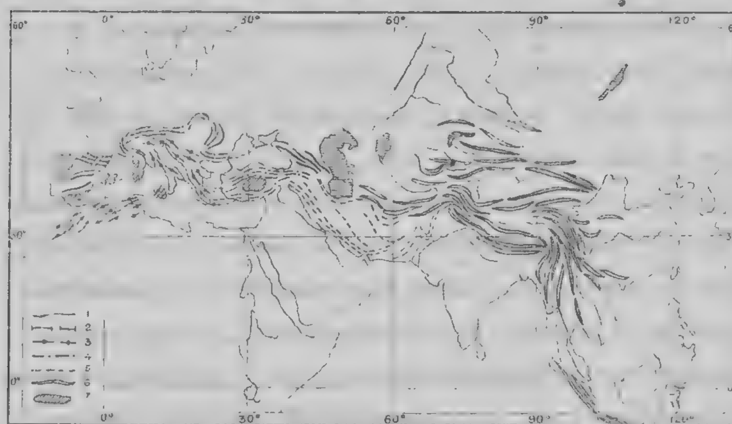
Африка в это время соединялась с Аравией и Красного моря не существовало.

Индия, Мадагаскар и Австралия вероятно уже были совершенно разъединены, по крайней мере нет никаких данных для обратного предположения. /Некоторые считают, что Индостан с начала третичной эры составлял отдельный континент, а Мадагаскар временно соединялся с Африкой. В Неогене Мадагаскар окончательно сделался островом вследствие сбросов по трещинам, отозвавшимся и на Африканском континенте от Сирии до Замбези. От Северо-Атлантического континента оставался лишь остров, объединявший

Гренландию, Ирландию и Великобританию. От него остался след и до настоящего времени в виде подводного порога./

Климат за время Неогена заметно изменяется; в общем происходит значительное охлаждение. В полярных странах, на Шпицбергене и в Гренландии, существовала еще обильная растительность, но пальмовые, росшие ранее в этой области, уже почти не встречаются. Редки они становятся и в Европе. Раньше предполагали /Неймайр и др./, судя по некоторым признакам, что охлаждение в Гренландии было значительно больше, чем в восточной Сибири, и объясняли это тем, что полюс в дотретичное время находился на $10^0 - 20^0$ ближе к восточной Сибири, а в Неогене переместился в свое теперешнее положение. Теперь это предположение отвергается. Никаких следов оледенения в Неогене не обнаружено. Неоген является эпохой, в которую горообразовательные процессы

Фиг. 42.



Альпийские складки по Зюссу (из de Martonne). 1-собственно альпийские складки; 2-пиринейские; 3-динарские; 4-таврские; 5-иранские; 6-алтаиды; 7-герцинские массивы, включенные в альпийские складки.

достигли наибольшей силы. В это именно время возникли все наиболее значительные горные хребты на местах геосинклиналей вторичной эры. Их называют альпийскими складками. В Европе и Азии /фиг. 42/ они составляют тот

почти непрерывный пояс нагорий, который тянется от Испании до Зондских островов, а в Америке - Кордильеры.

Возникновение складок в областях геосинклиналей компенсируется трансгрессиями на континентальных площадях.

На ряду с этим в Неогене происходит целый ряд сбросов, особенно в области Средиземного моря. Мы уже говорили о погружении участков суши в западной части Средиземного моря и об образовании Гибралтарского пролива. Таким же образом возникло Тирренское море.

Вулканическая деятельность была очень сильна. Излияния лавы сопровождали в большинство случаев образование складок.

Четвертичный период.

Четвертичной системой называют все отложения позднее Неогена.

Ископаемая флора и фауна периода в общем мало отличается от современной. Но в четвертичных отложениях не встречается очень многих представителей современного органического мира, очевидно, вследствие трудности их сохранения в виде ископаемых.

При том разграничении четвертичной и третичной систем, которое здесь принято согласно Огу, в четвертичных отложениях Европы появляются новые роды животных, неизвестные в Неогене: слон, лошадь, бык /бизон, зубр/. Число крупных подразделений в классификации фауны, существовавших в начале периода и вымерших к историческому времени тоже невелико. Исчезает мастодонт, исчезают огромные слоны, из которых позднейший мамонт, исчезает носорог - эласмотерий. Многие роды животных прекращаются вследствие истребления человеком, напр. некоторые лемуры на Мадагаскаре, Моа в Н. Зеландии, дронт на о-ве Св.Маврикия.

Появление человека является характерной особенностью четвертичного периода.

Из всех четвертичных отложений доступны для исследо-

вания лишь континентальные, прибрежные и неритовые. Батиальные, а тем более глубоководные нигде не обнаружены, так как за четвертичное время не произошло значительных перемен в распределении суши и воды. Четвертичные образования чрезвычайно распространены, одевая большую часть поверхности суши, но они везде являются поверхностными и потому часто не наносятся на геологические карты с целью яснее показать распространение более древних систем. Наиболее характерную особенность четвертичных образований составляют мощные ледниковые отложения, указывающие на исключительное развитие ледниковых явлений в этот период. Другая особенность - - это большое количество рыхлых континентальных образований, покрывающих большинство областей, из которых и образуются все почвы, благоприятные для произростания растений. Рыхлые образования более древних периодов уцелели до нашего времени лишь в небольшом количестве, так как они по большей части уничтожены денудацией.

Подразделение четвертичного периода.

В подразделениях четвертичного периода встречаются большие разногласия у разных авторов. Это и понятно, раз морские отложения эпохи нам мало доступны вообще, а, кроме того, ни в одной области не существует полной серии непрерывных отложений за весь период. Поэтому подразделения периода основаны на различных признаках: на характере морских отложений, на фауне млекопитающих, на ледниковых отложениях, на палеонтологии человека и даже на археологических признаках.

Немецкая школа придерживается до сих пор подразделения четвертичного периода на две эпохи: древнюю - дилювий и новую - аллювий. Другие же геологи делят его следующим образом.

	Эпохи.	Века.	
Четвертичный	Современный /Голоцен/	Век железа	
		Век бронзы	
		Неолитический	
	Средний /Плейстоцен/ I/	Вюрмский /л./	Палеолитический
		Шелльский/м.л./	Палеолитический
		Рисский /л/	
	Древний /Пост-плиоцен/	Кромерийский /м.л./	
		Миндельский /л/	
		Сен-Престиенский /межледниковый/	
		Виллафранксий /Гюнцкий?/ /ледниковый/	

Распределение воды и суши.

Формирование современных материков и океанов в крупных чертах произошло, как мы указывали, в предшествовавший период и лишь детали общей географической картины подвергались изменениям в четвертичный период.

Наибольшие перемены произошли в области Средиземного моря. Суша, занимавшая во времена Неогена его восточную часть, опускается и на ее месте образуется Эгейское море. Одни геологи считают, что опускание суши происходило медленно /Haug Traité de Géologie, p.1869/, другие видят в современной морфологии этой области несомненные признаки, того, что Эгейское море произошло вследствие провалов или целого ряда сбросов, последовавших вдоль сети трещин. Сарматское море к этому времени уже подверглось многим изменениям. Объединяя в одно целое Черное, Каспийское и Аральское моря втечение значительной части Неогена, оно потом разделилось и в начале четвертичного периода вероятно от Черного моря отделился большой бассейн - Арало-Каспийский. Постепенно его уровень понижался. Затем Сарматское море превратилось в ряд отдельных бассейнов, очень сильно распресненных, фауна которых сильно отличалась от фауны соленого Средиземного

I/ πλειστος , - наибольший.

моря. Когда окончательно разделились и сформировались Черное, Каспийское и Аральское моря установить вполне еще не удалось. Во всяком случае Черное море было отделено от Средиземного в начале четвертичного периода и только после образования Эгейского моря, вследствие продолжавшегося опускания или новых сбросов, Средиземное море проникло через Дарданеллы и соединилось с Черным. Это сопровождалось гибелью полупресноводной Арало-Каспийской фауны в Черном море и повлекло за собой заражение его глубин сероводородом.

В эту же эпоху формируется окончательно и западная часть Средиземного моря.

На севере Европы Великобритания все еще представляют собою полуостров по крайней мере до времени верхнечетверичных отложений. Скандинавия обнаруживает следы последовательных поднятий и опусканий, что сопровождается рядом превращений Балтийского моря. Сначала оно широко разливается и отделяет южную часть Швеции от остальной массы Скандинавского полуострова и заливает большую часть Финляндии соединяясь с Северным Полярным морем; это море Иолдиево /от Joldia arctica/. Затем оно превращается в Анцилово озеро /от Ancylus/ и затем в Литториновое море /от Littorina/.

Азия занимала до середины четвертичного периода значительно большее пространство, чем теперь. На севере с ней соединялись Ново-Сибирские острова, на востоке Японские, на юге Зондские.

Африка отделяется от Азии вследствие образования Красного моря, которое временно соединяло Средиземное море с Индийским океаном, пока не поднялся Суэцкий перешеек.

Горообразующие движения в четвертичном периоде были слабы. Повидимому после интенсивной складчатости Неогена в земной коре наступил период относительного покоя.

Ледниковые отложения.

Начало четвертичного периода совпадает с значительным понижением температуры во многих областях земного шара, если не на всей его поверхности. К такому заключению приводит огромное распространение ледниковых отложений, относящихся к этому времени.

Ледниковые отложения бывают разного рода.

Эрратические валуны - это обломки горных пород разного размера, по своему петрографическому составу совершенно отличающиеся от тех пород, на которых они лежат. Такие валуны встречаются и на равнинах и на вершинах довольно высоких гор; иногда замечается некоторая правильность в их распределении. Изучение их состава позволяет узнать откуда они занесены в данную местность. Некоторые из них достигают значительных размеров, так из эрратического валуна сделан пьедестал памятника Петру I.

Другого рода ледниковые отложения - это морены - валы, а иногда целые покровы, состоящие из обломочных пород, в которых встречаются и валуны, и галька, и щебень, и пески, и глина, причем в расположении более крупных и более мелких элементов не заметно какой либо правильности. Расположение этих образований позволяет признать их за продольные или краевые морены, или за донные, или за конечные. Иногда валы представляются в виде узких и высоких гряд, располагающихся перпендикулярно к конечным моренам, т.е. по направлению движения ледника. Это - озы / åsar /. Их считают за остатки внутренних морен или за отложения подледниковых потоков. Пример - оз Пунка-Харью в Финляндии между озерами Сайма и Пурувеси высотою до 60 м.

В некоторых местах донные морены представляют просто более или менее неровный поверхностный покров, состоящий из валунной глины, т.е. смеси слабо слоистой глины с песком, гравием и плоскими исштрихованными валунами.

Все ледниковые отложения имеют ту общую черту, что состав их всегда однороден с составом пород, лежащих выше

их по течению тех ледников, которые принесли в данную местность эти отложения. Так в Англии ледниковая галька состоит из пород, встречающихся в Шотландии, в Данию и Германию валуны принесены из Скандинавии, в Прибалтийский край и северо-западные губернии России - из Финляндии.

Наряду с ледниковыми отложениями доказательством существования ледников в прежние геологические эпохи в данном месте служат: курчавые скалы /бараньи лбы/, т.е. скалы, округленные трением движущегося ледника; скалы, покрытые бороздами и царапинами по направлению движения ледника; отшлифованные ледником поверхности; наконец, существование в ледниковых областях многочисленных озерных углублений, выработанных в породе движением льда или образовавшихся вследствие нагромождений обломочного материала. Все такие озера бывают вытянуты в направлении движения ледников, прекрасный пример чего представляют озера Финляндии. Местности, недавно освободившиеся из под ледника, всегда имеют вид, характеризуемый наличием описанных признаков и ландшафт их называют „моренным ландшафтом".

Раньше думали, что эрратические отложения были принесены льдами, плававшими по морю, покрывавшему всю северную и северо-западную Европу, но ближайшее ознакомление с ледниковыми образованиями привело геологов к заключению, что плавающие льды не могли выполнить необходимую для этого работу, да и море никогда не стояло на таком высоком уровне, на котором находятся некоторые валуны.

Ледниковые области.

Области, в которых встречаются одновременные ледниковые отложения, определяют в своей сумме пространства, некогда занятые ледниками. Наибольшее распространение оледенение имело в среднюю эпоху четвертичного периода. В это время в Европе мощный ледяной покров распространялся с крайнего севера /фиг.43/, охваты-

вая почти всю Ирландию, Англию до Темзы, Голландию,

Фиг. 43.



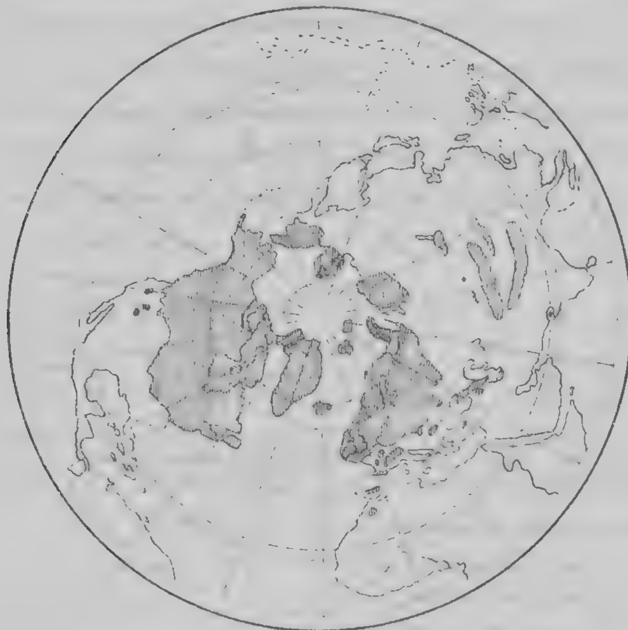
Наибольшее оледенение Европы во время предпоследнего ледникового периода (по А. Пенку).

Данию, Северную Германию, Польшу до Карпат, в России выдавался больше всего к югу двумя языками на Днепре до Екатеринослава и на Дону до устья Медведицы; затем граница его поднималась к северу почти по Волге и Каме, по северному Уралу. Все эти области усеяны ледниковыми отложениями Скандинавского происхождения, где и находился центр отделения; отсюда и растекались в разные стороны ледяные массы. Это был настоящий материковый ледниковый покров /инландсейс/, простиравшийся на 4000 км. по долготе и на 2500 км. по широте. Он должен был иметь огромную мощность, вероятно свыше 2000 м., так как в Гренландии теперь ледниковый покров имеет такую толщину, и совершенно вычерпывал Балтийское и Немецкое моря, глубина которых недостаточна, чтобы лед такой толщины мог всплыть.

Другая, еще более обширная, область оледенения одновременно охватывала большую часть С.Америки, с крайнего севера опускаясь далеко южнее

Великих озер до 40° N. /черт. 44 а/ Она занимала про-

Фиг. 44(а).



Распространение ледников северного полушария во время наибольшого оледенения. (по Огу).

странство до 15000000 км.^{2}, протягиваясь до 7000 км. по параллели. Все значительные нагорья, находящиеся вне Скандинавского и С.Американского ледников, носят также следы гораздо большего оледенения, чем то, которое им свойственно в настоящее время. Таковы Альпы, где ледники спускались на 1000 м. ниже, чем теперь, Пиринеи, Карпаты, Скалистые горы. Исландия была покрыта сплошным ледяным покровом, также и Шпицберген.

В Сибири в настоящее время ледники мало распространены главным образом вследствие того, что воздух в этой стране отличается сухостью, что препятствует возникновению ледников. Но следы прежнего оледенения обнаруживаются в настоящее время все в большем количестве; ледники существовали в Алтае, Саянских горах, Яблоновом и Становом хребтах.

В южной части Азии ледники были развиты на Кавказе, Арарате, Демавенде, в Тянь-Шане, Гималаях,

В Африке они существовали на Атласе, на Кении и Килиманджаро. В Австралии - в горах восточной части, на Тасмании, в Н.Зеландии. В Ю.Америке - в Кордильерах.

- Число ледниковых периодов.

Изучение следов древнего оледенения в разных местах, состава морен, их расположения, речных ледниковых отложений /фиг. 44 в./, т.е. тех, которые отлагаются ледниковыми потоками, и т.п. привело к заключению, что в

Фиг. 44 в.

Продольный разрез через конец ледника (по Пенку).



a - Подстилка ледника.
в - Основная морена.
c - Боковая морена.
d - Концевая морена.
e - Переходная часть.
f - Отложения ледникового наноса.
z - Язык ледника.

жизни земли за время только четвертичного периода существовал не один ледниковый период,[I] а несколько. Лучше сказать и, вероятно правильнее, что ледниковый покров с течением времени то распространялся, то наоборот сокращался, наступал и отступал совершенно так же, как это делают современные ледники, но только его движения совершались в гораздо большем масштабе. Относительно числа ледниковых периодов в различных местах даже одной лишь Европы существуют большие разногласия. Джемс Гики /James Geikie / для Англии принимает их шесть. Лучше всего это явление изучено в альпийской области, для которой А.Пенк / A.Penck / различает четыре ледниковых периода, располагающиеся в таком порядке:

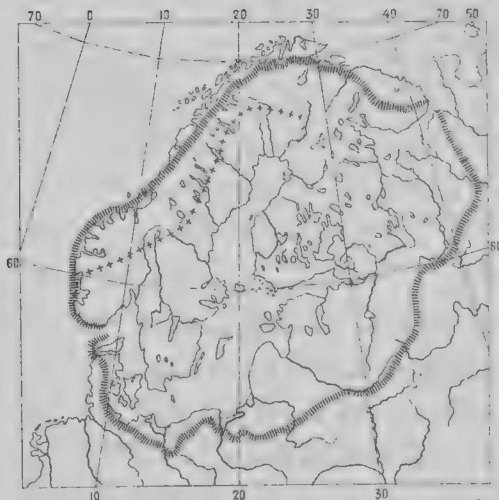
I/ Здесь слово „период" употребляется не в смысле времени, соответствующего системе отложений. Так уже установилось что все, кажется, авторы в применении к ледниковому времени всегда говорят „ледниковый период" или эпоха.

4. Современный период /послеледниковый/
IУ. Вюрмский ледниковый период.
3-ий Междуледниковый "
III. Рисский ледниковый "
2-ой Междуледниковый "
II. Миндельский ледниковый"
I-ый Междуледниковый "
I. Гюнцкий ледниковый "

При том подразделении четвертичного периода, которое приведено было выше, он начинается Гюнцким ледниковым периодом в Виллафранском веке. В древней части четвертичного периода было два оледенения - Гюнцкое и Миндельское . Средняя начинается Рисским ледниковым периодом, втечение которого Альпийская ледниковая область достигла наибольшего распространения и вероятно также Скандинавская

Заканчивается средняя часть Вюрмским ледниковым периодом. Наконец, верхняя часть четвертичной системы, соответствующая современному периоду, начинается после конца последнего Вюрмского ледникового периода.

Фиг. 45.



Распространение скандинавского ледника во время первого отступания последнего оледенения (по N.V.Ussing).

Наибольшее распространение скандинавского ледника было указано на фиг. 43, на фиг. 45 видно распространение последнего оледенения, а на 46 показано положение конечных морен в Финляндии при дальнейшем отступании ледника. На чертеже ясно

видно положение двух параллельных конечных морен, из которых южная Сальпаусельке тянется от Ханго до Лахтиса. Перпендикулярно к моренам располагаются многочисленные озы.

Для Северной Америки геологи принимают также от 4 до 6 периодов оледенения, для других мест земного шара, особенно для южного полушария, еще не имеется до-

Фиг. 46



Две конечные морены и озы Финляндии.
(по J.J. Sederholm).

статочных указаний. Однако большинство исследователей склоняется к предположению, что фазы наибольшего оледенения на всем земном шаре происходили одновременно.

Оледенение таких огромных размеров сравнительно с современным, должно было повлиять очень сильно на выработку форм земной поверхности. Древние ледники должны были снести слои большой мощности и распределить обломки по всей области своего распространения. В Сканди-

навии ими снесен слой в 500 - 600 м. толщиною, в Альпах около 250. Пространство, которое подверглось оледенению при наибольшем его развитии, занимало около $\frac{1}{7}$ части суши в Северном полушарии.

Климат четвертичного периода.

В начале четвертичного периода произошло значительное охлаждение морей, омывающих западную Европу. Это определенно устанавливается появлением среди морской фауны представителей фауны полярной. Такое охлаждение побережья Европы сделалось возможным вероятно только после расчленения Северо Атлантического континента, вследствие чего полярные воды могли получить доступ к берегам Европы. Охлаждение моря должно было вызвать понижение температуры воздуха и над континентом, что и могло способствовать образованию ледников, но конечно этой одной причины еще недостаточно.

Исследования, главным образом Пенка, устанавливают, что в эпоху наибольшего оледенения снеговая линия в Альпах лежала около 1200 м. ниже современной. Если в общем принять, что она повсюду находилась на 1000 м., то этого будет достаточно для объяснения четвертичного оледенения. Считая, что подьему в 100 м. соответствует понижение температуры на $0^{0}5$, мы получим, что температура воздуха в ледниковое время в среднем была на 5^{0} ниже современной. Однако на высоту снеговой линии оказывает влияние еще и влажность воздуха и количество атмосферных осадков. Приняв это во внимание, можно думать, что средняя температура воздуха в ледниковый период отличалась от нынешней меньше, чем на 5^{0}, так как мощность речных отложений начала и середины четвертичного периода указывает на значительное количество осадков. В тех областях, которые не подвергались оледенению, ничто не указывает на понижение температуры, но многие признаки позволяют думать, что климат их делается все суше и суше, после предшествовавшего периода богатого осадками.

Во время между-ледниковых периодов температура несколько повышалась, как это следует из состава соответствующего органического мира, и может быть даже иногда бывала выше современной. Во всяком случае несомненно, что в четвертичном периоде происходило чередование более холодных и более теплых эпох. Рассмотрим сначала те условия, которые сопутствовали развитию оледенения. Ледниковому периоду предшествовала в Неогене чрезвычайно интенсивная горообразующая деятельность, когда именно и возникли все современные наиболее высокие горные хребты.

Начало четвертичного периода, ознаменовавшегося распространением оледенения, вместе с тем характеризуется везде обилием атмосферных осадков, что подтверждается следующими обстоятельствами.

Текучие воды с начала четвертичного периода произвели огромную работу на всем пространстве от Сахары до Скандинавии и от Мексиканского залива до Великих озер. Вследствие этого еще до начала оледенения горы были сильно расчленены и изрезаны долинами и ущельями, по которым впоследствии двигались ледники. Так Рессель подсчитал, что обьем древних морен Сьерры-Невады составляет 25 о/о от объема долин, следовательно 75 о/о снесено текучими водами.

Несомненные признаки убеждают нас в том, что внутренние озерные бассейны того времени были гораздо обширнее, чем теперь. Соленое озеро и озеро Лагонтан в С.Америке занимали обширные пространства. Мертвое море заполняло всю впадину Сирии; долина Нила не могла быть обитаема от изобилия воды и палеолитический человек жил здесь на плоскогорьях. Арало-Каспийский бассейн тоже был заполнен водою.

Косвенным подтверждением изобилия осадков служит и необычайное развитие гигантских млекопитающих в конце третичного периода и в начале четвертичного , кото-

рые требовали для себя обильной растительности, а следовательно и обильных осадков.

Причины ледниковых периодов.

Для объяснения причин, которые могут привести к возникновению ледниковых периодов, было предложено много гипотез. Их можно разделить на астрономические, космические и теллурические.

Астрономические гипотезы ставят периоды охлаждения земной поверхности в зависимость от явления прецессии и от вековых изменений в эксцентриситете земной орбиты. Известно, что орбита земли есть эллипс с эксцентриситетом равным I/60. Вследствие этого времена года имеют неодинаковую продолжительность. Теплое время года, т.е. весна и лето, для северного полушария в настоящее время на $7\frac{1}{2}$ суток длиннее холодного, т.е. осени и зимы. Прецессия изменяет положение полюсов мира и вызывает изменение долготы перигелия. Результатом этого является то, что теплое время каждого полушария поочередно может быть длиннее холодного на 8 суток. Значит каждое полушарие будет нагреваться то сильнее, то слабее. Период колебаний 25800 лет. Но конечно этой одной причины недостаточно для возникновения оледенения в тех размерах, как это было в четвертичном периоде. Тут помогают вековые колебания эксцентриситета. Кролль расчитывает, что за 850000 лет до Р.Х. эксцентриситет был настолько значителен, что летнее полугодие для северного полушария было на 36 суток короче зимнего. Это по его мнению и вызвало оледенение. Астрономические гипотезы неудовлетворительны в том отношении, что согласно их объяснению надо допустить оледенение попеременно то в южном полушарии, то в северном, а не одновременно на всем земном шаре, и развитие ледников в тропическом поясе, напр. на Килиманджаро и Кении остается необъясненным. Кроме того явление должно было бы обнаруживать совершенно строгую периодичность, исследования же показывают, что

междуледниковые периоды были сравнительно коротки и притом не одинаковой продолжительности. Де Геер пришел к заключению, что отступание ледника от Скании до Норрланда произошло всего в 5000 лет.

К числу космических относится гипотеза Дюбуа, который приписывает охлаждение Земли переходу Солнца из стадии белой звезды в стадию желтой. Звезды втечение своей жизни, как предполагают, проходят следующие фазы: I/ белая звезда с наивысшей температурой; 2/ желтая звезда с более низкой температурой; в течение этой стадии происходят все чаще и чаще потемнения до красного цвета, причем температура звезды каждый раз понижается; 3/ красная звезда - температура ее еще ниже и 4/ темное холодное тело. Дюбуа предполагает, что в третичный период, когда климат на земле был теплее современного, солнце находилось в стадии белой звезды. Первое потемнение солнца при переходе в желтую стадию вызвало первое оледенение, а повторные потемнения Солнца, как желтой звезды, вызывали повторные же оледенения. Мы живем в один из промежутков между потемнениями Солнца, а значит и между ледниковыми эпохами. По этой гипотезе междуледниковые периоды должны были бы быть гораздо длиннее, чем это определяется по геологическим данным. Кроме того, в междуледниковые периоды ледяной покров должен был бы совершенно исчезать, на самом же деле ледники только отступали. Для объяснения оледенений прежних геологических периодов по этой гипотезе пришлось бы допустить временный переход Солнца из стадии белой звезды в желтую. Затем, конечно, оледенение должно было бы происходить во всех областях известных широт и притом в обоих полушариях. Были высказаны также предположения о связи оледенения с количеством солнечных пятен, о прохождении солнечной системы через туманность настолько плотную, что уменьшилось нагревание солнечными лучами всей земной поверхности.

Из теллурических гипотез заслуживают внимания сле-

дующие.

Аррениус считает явления оледенения связанными с развитием вулканизма. От интенсивности вулканических явлений зависит количество углекислоты в атмосфере, а от него в свою очередь теплопрозрачность атмосферы и следовательно температура поверхности земли. Теперь в атмосфере находится 0,03 o/o углекислоты. Если бы ее количество уменьшилось на две трети, то температура воздуха в широте 55^{o} N понизилась бы на 3^{o}, чего вполне достаточно для оледенения севера Европы и С.Америки. Если бы, наоборот, количество углекислоты удвоилось / или утроилось /, то температура в той же широте повысилась бы градусов на 8 или на 9. От этого увеличилось бы испарение, что опять таки уменьшило бы лучеиспускание, климат сделался бы теплее, что соответствовало бы эоценовой эпохе. Фрех / F.Frech /, поддерживая гипотезу Аррениуса, указывает, что вулканические явления во время оледенения проявлялись на земной поверхности очень слабо, но другие опровергают это / Haug, т. II, p. 1906/.

Лаппаран и Воейков указывают, как на одну из возможных причин оледенения, на изменения в распределении материков и вод, которые повлекли за собою изменения в распределении течений воздушных и океанических и вообще в распределении температур в морях, а следовательно и на суше и повлияли на влажность климата в некоторых областях.

В последние года много работали над влиянием Гольфстрима на климат западной Европы, благодаря чему установили несомненную связь между положением этого течения, количеством воды в нем, ее температурой и более теплыми и более холодными годами Европы. Отсюда понятно, что если иное распределение материков обуславливало иную систему течений в С.Атлантическом океане, Европа была лишена согревающего влияния Гольфстрима, что должно

было вызвать понижение температуры.

А Гольфстрим в своем современном виде только и мог образоваться после третичного периода, когда поднялась Центральная Америка, образовался Панамский перешеек и полуостров Флорида отделился от Антильских островов.

Многие видят причину оледенения в изменении местных метеорологических условий, главным образом в изменении путей циклонов. Но эти гипотезы, как и предыдущей категории, могут объяснить лишь местные оледенения и не затрагивают вовсе их периодичности.

Гипотеза поднятия считает причиной оледенения вертикальные движения /эпейрогенические /[1] континентальных площадей. В четвертичный период эти движения проявляются вертикальными колебаниями древних континентальных площадей, как Канадский щит и Скандинавский, и поднятием значительных участков третичных горных цепей, как Альпы, Кавказ и др. Это поднятие происходило толчками и возможно, что фазы поднятия сменялись фазами опускания. Наступание ледников сопутствовало поднятию, отступание - опусканию. Так относительно Скандинавского ледника большинство исследователей считает, что его таяние совпало с понижением, вызвавшим затопление освобождающихся из под льда областей Иолдиевым морем. Вертикальные движения, подобные движению Скандинавского щита в четвертичный период, имели место во всех древних горных областях во все геологические периоды после образования складчатых зон.

В.Рамзай показал, что периоды миотермические, т.е. с пониженной температурой, в истории Земли следовали непосредственно за эпохами сильных орогенических движений, а периоды плиотермические с повышенной средней температурой соответствовали эпохам относительного покоя, когда море покрывало обширные пространства и когда рельеф горных областей был уже значительно сгла-

---

I/ ἤπειρος - континент.

жен и высота их значительно уменьшена.

Гипотеза поднятия лучше других согласуется с повторностью ледниковых периодов и с одновременностью ледниковых фаз в различных горных массивах, потому что эпейрогенические движения происходят одновременно и в одном направлении во многих областях воздымания /aires de surélévation/.

Эта гипотеза также объясняет почему понижение температуры оказывается лишь в массивах, подвергшихся оледенению, и не затрагивает соседних областей.

Древность человеческого рода.

Подразделения верхнечетвертичной эпохи и отчасти средней основываются на совершенно особых признаках, на остатках изделий доисторического человека.

Наиболее древние несомненные остатки человеческой культуры найдены в отложениях, которые по заключающейся в них фауне отнесены к шелльскому веку. Это осколки кремня, грубо оббитые, в форме рубил, т.е. заостренные на одном конце и закругленные на другом. С этого времени начинается каменный век, за которым следует бронзовый, а затем железный. Каменный век разделяется на два: палеолитический - более ранний, и неолитический - более поздний. Орудия палеолитического века представляют собою осколки камня, преимущественно - кремня, грубо обитые, иногда с заостренными краями. Орудия неолитические более тщательно обделаны и отличаются от палеолитических шлифовкой и разнообразием форм. Часто они просверлены для прикрепления к древку.

Относительно положения шелльских слоев, в четвертичной системе существуют разногласия. Пенк поместил их между миндельским и рисским ярусами, Буль / M.Boule /, Обермайер / H.Obermaier / и др. относят их к третьей межледниковой эпохе, между рисским и вюрмским ярусами, что подтверждается согласно Огу палеонтологическими и стратиграфическими признаками. В дальнейшем мы будем придерживаться последнего взгляда.

Палеолитический век входит весь целиком в средне-четвертичную эпоху, неолитическим начинается верхне-четвертичная. В нижнечетвертичных слоях до сих пор не находилось таких остатков, которые были бы всеми признаны за орудия, употреблявшиеся доисторическим человеком, но и в них появляются обломки кремня и других камней, которые многими считаются за предметы, служившие человеку в качестве оружия или орудий. Их называют эолитами. Некоторые думают, что форма эолитам придана человеком, другие же полагают, что это обломки, образовавшиеся естественным путем и лишь использованные человеком для определенной цели. Эолиты встречаются не только в нижнечетвертичном отделе, но и в неогене, а некоторые считают за них даже обломки, находимые в палеогене. Таким образом, возник вопрос о существовании человека в третичный период, но к вероятности этого надо относиться осторожно, так как происхождение эолитов может быть объяснено естественным путем.

Для палеолитического века приняты подразделения, введенные Габриэлем де Мортилье / Gabriel de Mortillet /, для каждого из которых характерны свои орудия. Затем добавлены - азильские слои, как промежуточные между палеолитическим и неолитическим веками, так что получается следующее соотношение между различными геологическими подразделениями четвертичного периода, их флорой и фауной и стадиями культуры.

Эпохи.	Века.	Стадия культуры.	Флора и фауна.
Верхне-четвертичная	Железный		
	Бронзовый		
	Неолитический		Лес. Лесная.
		Азильская	Лес. Лесная.

Эпохи.	Века.	Стадия культуры.		Флора и фауна.
среднечетвертичная.	Вюрмский IV. ледниковый.	Магдаленская	Палеолитический век.	Островки леса. Полярно-Альпийская.
		Солютрейская		Степь. Степная.
		Ориньякская		Степь. Степная
		Мустьерская		Тундра. Полярно-Альпийская.
	Шелльский 3 межледниковый.	Ашельская		Степь. Степная
		Шелльская		Более южная лесная.
				Степь. степная.
	Рисский III ледниковый.	Допалеолит. изделия		Тундра. Полярно-Альпийская.
нижнечетвертичная.	Кромерийский 2 межледниковый.	Челюсть из Мауера ?		Более южная лесная
		Допалеолит. изделия?		
	Миндельский II ледниковый.			Северная.
	Сен-Простиенский. I межледниковый.	Нет следов человека.		Более южная
	Виллафранкский. I ледниковый.			Северная.

Эти подразделения пока удалось установить лишь в западной Европе, где остатки, связанные с жизнью человека, составляют более или менее непрерывную цепь, которая и позволила набросать схему первобытной истории.

Обермайер, Ог и др. относят к третьему /Шелльскому/ межледниковому периоду Шелльскую, Ашельскую и часть Мустьерской эпох, как условно называют эти наиболее мелкие подразделения времени. По Обермайеру климат Шелльской эпохи был относительно теплым, и палеолитический человек жил преимущественно под открытым небом.

Прирученных животных у него еще не было. В западной Европе в это время жили гиппопотам, южный слон, носорог Мерка, уступившие место мамонту и сибирскому носорогу по мере того, как климат становился холоднее, именно в Ашельскую эпоху. Лес уступил место степи.

Вторая половина мустьерской эпохи приходится на время наибольшего оледенения четвертого /Вюрмского/ ледникового периода. Остатки фауны и флоры указывают на климат тундры. Человек ищет убежища в пещерах, где и находят его остатки. Шелльско-мустьерская стадия культуры человека распространялась на весь Старый Свет в областях, не подвергавшихся оледенению, и даже захватывала Америку. Мустьерская эпоха заканчивает собою древний палеолитический век. Следующая более поздняя часть палеолитического века уже относится к периоду отступания ледника; она носит название новейшего палеолитического периода, а иногда „века северного оленя". Континентальный степной климат холодной полосы постепенно переходит в умеренный ориньякской и солютрейской эпох. Эти стадии культуры прослежены на пространстве европейско-средиземноморской области от Испании до Байкала. Магдаленская эпоха совпадает с последним охлаждением, которое происходило уже после наибольшего, наблюдавшегося в течение вюрмского ледникового периода. В эту эпоху получают большое распространение орудия из кости и рога, которые часто украшаются рисунками, сделанными с большим искусством.

Магдаленской эпохой заканчивается последняя фаза четвертичного ледникового периода и климатические условия приобретают тот характер, который имеют в наше время. Мамонт и сибирский носорог вымирают, арктические животные переселяются на север, альпийские уходят в область высоких гор, степные ищут подходящих для себя условий жизни на востоке. Северный олень, заменяется благородным. Наступает лесная азильская эпоха, которая по археологическим остаткам относится всетаки к палеолитическому

периоду.

Делались попытки для определения абсолютного возраста слоев, содержащих первые достоверные остатки человеческой индустрии. Не останавливаясь на основаниях, которые послужили для таких расчетов укажем лишь, что Обермайер принимает начало палеолитического века отстоящим от нашего времени не менее, чем на 50000 лет, что соответствует 1500 поколениям. Весь четвертичный период по мнению Пенка продолжался от 500000 до 1000000 лет, а Мюльберг / Mühlberg / предполагает 2500000.[1] Все эти числа нельзя считать выражающими даже порядок соответствующих промежутков времени.

Пенк, как сказано выше, считает, что шелльская эпоха должна быть отнесена к более раннему времени. В виду того, что смена четырех оледенений в Альпах была установлена главным образом трудами этого ученого, и так как он является одним из наиболее глубоких знатоков условий четвертичного периода, ниже приведена таблица, указывающая соответствие различных подразделений периода по взглядам Пенка. Он обнаружил, что как в последнюю ледниковую эпоху, так и после нее движение ледников не совершалось постоянно в одном направлении, но отступания сменялись наступаниями, и стадии эти отмечены в Альпах особыми моренами. Они помещены в таблице с указанием на сколько снеговая линия располагалась ниже современного ее положения.

Ледниковые периоды.	Стадии.	Снеговая линия ниже соврем.	Ступень культуры.
Современный геологич.	-	0	Неолитическая и век металлов.
Послеледниковый	Даунская	300 м.	Азильская
	Гжницкая	600 м.	Азильская
	Бюльская	900 м.	Магдаленская
	Ахенская	700 м.	Магдаленская

1/ М. Мензбир. Великое оледенение Европы. Петроград, 1923

Ледниковые периоды.	Стадии.	Снеговая линия ниже соврем.	Ступень культуры.	
Вюрмский IУ. ледниковый	Второй максимум.	1200		Палеолитический век.
	Лауфенская	1000		
	Первый максимум	1200		
3-ий межледниковый	Степная	-	Солютрейская, Ориньякская	
	Лесная	-	Теплая. } Мустьерская	
Рисский III-ий ледниковый	-	1300	Холодная } Мустьерская	
2-ой межледниковый.	-	-	Ашельская Шелльская	
Миндельский II-ой ледниковый	-	1300	Нет следов человека	
1-ый межледниковый	-	-		
Гюнцкий I-ый ледниковый.	-	1200		

Остатки самого доисторического человека, его костяки, которые могут быть отнесены без сомнения к палеолитическому веку, встречаются слишком редко, чтобы по ним можно было проследить развитие человека. Большинство остатков находится в верхнечетвертичных отложениях и очень мало в средних.

Доисторический человек.

Наиболее древние остатки человека из всех найденных до сих пор, были обнаружены в 1908 - 1913г. близ Пильтдауна в графстве Суссекс. Они состоят из 10 кусков черепа и неполной нижней челюсти. В том же слое найдены остатки зубов разных животных, обломки эолитов и кремневых орудий шелльской эпохи. Даусон и

Будвард считают эти остатки относящимися к теплому периоду третьей межледниковой эпохи; некоторые думают, что они принадлежат ко второму межледниковому периоду, а Кейтс относит их даже к плиоцену. Принадлежность пильтдаунских находок самому древнему человеку более, чем сомнительна. Соборн и Буль помещают этого Homo dawsoni в ашельскую эпоху.

Следующая по древности находка, это так называемая Гейдельбергская челюсть /из Мауэра близ Гейдельберга 1907г./ Огрес относит к Шелльской эпохе, т.е. к 3-ему межледниковому периоду, Обермейер и Верт по 2-му, а Шетензак - к древнейшему четвертичному.

Не перечисляя последующих находок, укажем, что все они могут быть разделены на две группы; в соответствии с ними можно установить две различные расы доисторического человека.

Более древняя называется неандертальской расой по первой находке в долине Неандера близ Дюссельдорфа /1856г./ К ней относятся остатки, принадлежащие к древнему палеолитическому периоду. Эту расу, называют первобытным человеком / Homo primigenius /. Она характеризуется удлиненным черепом /долихоцефалией/; сильно покатым лбом, низкой черепной чашей, очень сильно выступающими надбровными дугами, соединяющимися над переносьем, и сильно выдвинутой вперед верхней челюстью. Нижняя челюсть массивна и лишена выступающего подбородка. Кости скелета массивны. Рост был ниже, чем у современного человека, телосложение плотное, мускулатура сильно развита. Емкость черепа из La Chapelle aux Saints 1626 куб. см., тогда как у современного европейца 1560 для мужчины и 1375 куб. см. для женщины. Не смотря на это, развитие мозга по слепкам черепных полостей оказалось гораздо более низким, приближающимся к животным.

В каком же отношении находится неандертальский

человек к современному – Homo sapiens или Homo recens? Некоторые нашли особенности Homo primigenius достаточно резко выраженными для того, чтобы счесть его за низшую форму человеческого рода, за особый вид, из которого и произошел современный человек. Другие не находят это возможным и приходят к выводу, что Homo primigenius не есть особый род, промежуточный между обезьяной и человеком; он не является и другим видом, стоящим более низко, чем Homo sapiens, но представляет собою более древнюю разновидность или расу этого вида. В редких случаях эта раса сохранилась и до нашего времени на земном шаре среди самых низших из современных народностей, как это показал Клаач. В исключительных, редких случаях у австралийцев остались те черты, которые были свойственны всем неандертальцам. От неандертальского человека могли произойти различные более молодые расы. Необходимо указать, что не все ученые относят к одной расе остатки гейдельбергского и неандертальского человека. Некоторые /Буль/ считают более древним Homo heidelbergensis, жившим в шелльскую эпоху, а Homo neanderthalensis в мустьерскую.

Другая группа находок, более поздних, охватывает все, относящиеся к новейшему палеолитическому периоду. Человек этой расы, которую называют „расой Кро-Маньон", жил уже тогда, когда последнее оледенение миновало. В конце мустьерской эпохи неандертальский человек исчез из пределов Европы и в позднейших отложениях встречаются остатки, принадлежащие исключительно Homo sapiens, хотя может быть этот вид был представлен несколькими расами. Одна из них и называется „Кро-Маньон". Она не отличается в существенных чертах от современного европейского человека и имеет следующие характерные черты. Череп долихоцефальный, высокий с выпуклым лбом и с большой емкостью – до 1600 куб. см.; надбровные дуги умеренные, подбородок хорошо развит. Рост очень большой.

Другая раса получила название „расы Гримальди". Она имеет лоб и черепную чашу европейского склада, но сильно выступающую челюсть /прогнатизм/ и слабо развитой подбородок также, как и другие „негроидные" особенности.

О происхождении человека.

Сравнение особенностей строения человека, принадлежащего к ископаемым расам, и к современным, показывает, что в его физической природе проявляется эволюция. Это вряд ли может быть оспариваемо. Но возникает вопрос, совершается ли эта эволюция лишь в рамках вида-человек, или же она является частью эволюции всего органического мира. После Ламарка и Дарвина утвердился последний взгляд, который подтверждается сравнительной анатомией, эмбриологией и физиологией. Еще Линней причислял человека к отряду приматов / primates /, в который кроме человека, входятлемуры и обезьяны.

Ближе всего по анатомическому строению к человеку стоят человекообразные /антропоморфные- Simiidae/обезьяны. По мнению Гексли и Брока они даже ближе к человеку, чем к другим обезьянам. Но разница между теми и другими все таки настолько велика, что нельзя ставить человека в непосредственную связь с современными человекообразными обезьянами. Поэтому то находки ископаемых обезьян являются особенно ценными: в них надеются найти промежуточные звенья в непрерывной эволюции человека. К сожалению таких находок очень немного и притом от костяков сохранились лишь немногочисленные части.

В Египте была найдена Шлоссером нижняя челюсть Propliopithecus, на основании которой автор находки счел возможным признать проплиопитекуса предком не только всех обезьяноподобных / Simiidae /, но и всех человекоподобных / Hominidae /.

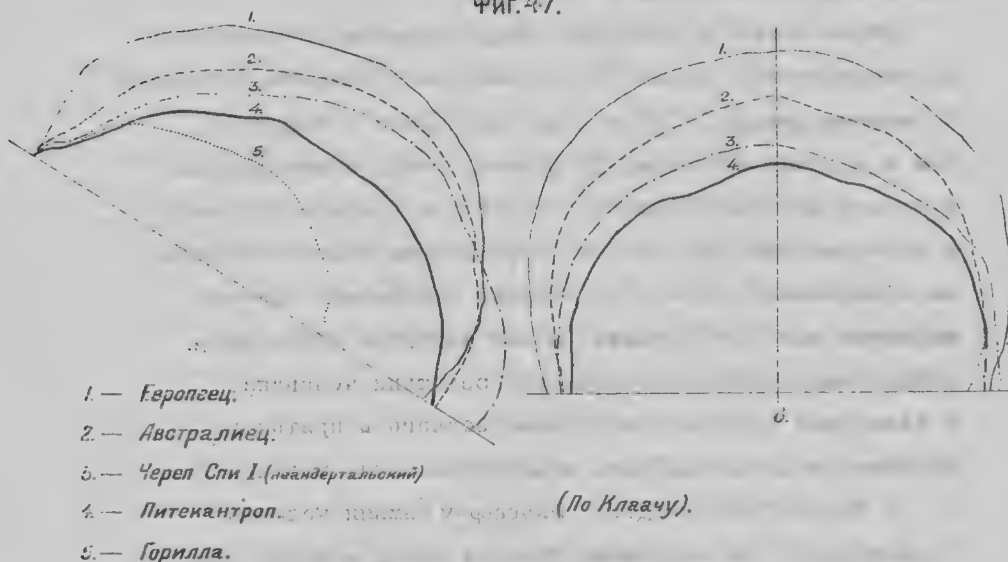
В 1891 г. на Яве у Тринила, на берегу реки Бенгаван, Э.Дюбуа нашел черепную крышку, на расстоянии 1-3 м.

от нее два зуба и в 15 м. бедро, которые он приписал принадлежащими одной особи Pithecanthropus erectus /обезьяна- человек, прямостоящий/. Эта обезьяна по развитию черепной крышки стоит ближе к человеку, чем современные человекообразные. Вот некоторые данные для сравнения емкости черепа:

Горилла - 550 куб. см.
Питекантроп - 850 куб. см.
Бушмен-женщина /минимум/ - 900 куб.см.
Бушмен-мужчина /среднее/ - 1240 " "
Ведди /минимум/ - 960 куб. см.

Но, если вспомнить емкость черепа древнейшего человека, т.е. неандертальской расы, то надо отметить в этом отношении очень большое различие между ним и питекантропом. Во всяком случае яванская обезьяна стоит бли-

Фиг.47.



же к человеку, чем какая нибудь другая, и хотя она не является связующим звеном между человеком и обезьяною, но представляет собою промежуточную форму. На фиг. 47 видны соотношения между черепом современной человекообразной обезьяны-гориллы, черепом питекантропа, чере-

ком № I из пещеры в Спи /Бельгия/, принадлежащим к неандертальской расе, черепом современного австралийца и черепом современного европейца.

Дюбуа признавал питекантропа принадлежащим третичному периоду, но позднейшие исследования показали, что он четвертичного возраста. Если он относится к середине четвертичного периода, как это считает Фольц, то значит питекантроп является не предком, а современником неандертальского человека. Однако последние исследования опять отодвигают возраст питекантропа на еще более раннее время, именно на плиоцен.

Во всяком случае нельзя категорически поместить питекантропа в ряд предков человека и определить хотя бы приближенно путь развития человеческого рода так же, как и его геологическую древность. Многие думают, что происхождение человека от таких специализированных форм, как человекообразные обезьяны, мало вероятно, так как последние имеют все таки резкие различия с человеком. В основание развития приматов они ставят лемуров, которые в некотором отношении обнаруживают сходство с другими отрядами млекопитающих. От них отчленились все обезьяны, как ископаемые и в их числе питекантроп, так и ныне существующие. С этой точки зрения человекообразные обезьяны и человек представляют различные ветви развития приматов, а Pithecanthropus erectus является представителем боковой ветви, сравнительно скоро заглохшей.

Гипотезы Колльмана и Клаача о происхождении и эволюции человека здесь не приводятся, как слишком недостаточно обоснованные. Укажем только, что Клаач и многие другие считают, что ветви человека и человекообразных обезьян должны были разделиться еще в третичном периоде.

Относительно родины человека нет единства во взглядах. Большинство ученых принимает единое происхождение человеческого рода, который возник в одном определенном

месте земного шара, но существует и противоположный взгляд, что человеческий род мог возникнуть в различных областях земли, причем эти первоначальные группы появились совершенно независимо друг от друга. Родину человека указывали в различных странах всех пяти частей света. Вероятнее всего она была в теплых областях Азии с равномерным климатом, где внешние условия облегчали существование первобытному человеку, еще не приспособившемуся к борьбе с природой. В этой области и найдены остатки питекантропа, в ней же обитают сейчас и человекообразные обезьяны.

Вероятно и неандертальский человек проник в Европу из Азии, может быть еще тогда, когда существовала между этими двумя материками более широкая связь на юге в виде Эгейской суши. Он появился первоначально в области Средиземного моря и затем распространился по средней и западной Европе. Он просуществовал до конца мустьерского времени, когда в Европу проникла другая - Кро-Маньонская раса, выше организованная и лучше вооруженная. Неандертальская раса вероятно была не в силах бороться с ней и уступила ей место, отчасти, быть может, смешавшись с пришельцами, а преимущественно вымерла.

Кро-Маньонская раса также пришла из Азии южным берегом Средиземного моря и вероятно северным. Она находилась на ориньякской стадии культуры. От этой расы и произошел "Homo sapiens". Она просуществовала до конца палеолитического века и к этому времени, после расцвета своей культуры, почему то начала ослабевать. После азильской эпохи она не вымерла, как неандертальская, но влилась в другие позднейшие расы и может быть потомки ее сохранились в западной Европе до нашего времени.

НЕОЛИТИЧЕСКИЙ ВЕК.

Раннее неолитическое время.

Неолитический век подразделяется на ранний, средний и поздний. Первые, наиболее древние его стадии изучены на севере Европы. В Дании близ г.Муллеруп в торфянике Маглемозе были найдены многочисленные каменные орудия и изделия из рога и кости. Остатки костей собаки являются признаком того, что она уже была приручена человеком в это время. Орудия еще не имеют шлифовки и носят лишь намеки на позднейшую ступень, тем не менее культуру Маглемозе считают исходной, из которой выросла неолитическая стадия. По времени она соответствует азильской эпохе.

Следующая культурная ступень носит название стадии „кухонных остатков" / Kökkenmöddinger / по скоплениям отбросов, иногда очень значительным, найденным на местах древних поселений, вероятно бывших становищами рыбаков. Они были изучены первоначально в Дании. Они состоят преимущественно из раковин, устриц и других моллюсков, затем костей рыб, птиц, реже млекопитающих, и в большом количестве из изделий человека; в их числе впервые встречаются черепки гончарных изделий. Среди остатков находятся очаги и иногда могильники.

В западной Европе стадии северных кухонных остатков соответствует так называемая Кампиньийская стадия, принадлежащие которой кости оленя, лошади и быка показывают, что в это время жители западной Европы занимались скотоводством. Они были знакомы и с земледелием.

Обермайер дает такую хронологическую таблицу для ранних стадий неолитического века в Европе.

	Западная и средняя Европа	Северная Европа.	Приблизительное время.
Геологическая современность.	Средний неолитический период.	Время ели и бука. Средний неолитическ.период	6000-2500лет. до Р.Х.
4. Даунская стадия.	Кампинийская эпоха	Период литторины. Время дуба. Северный климатический оптимум. Стадия кухонных остатков.	8000л. до Р.Х.
3. Гжвицкая стадия	Азильская эпоха /Тарденуазская/	Период анцилуса. Время сосны и березы. Стадия Маглемозе	10000л. до Р.Х.
2. Бюльская стадия.	Магдаленская эпоха.	Шведско-финские морены. Время иолдии. Флора Dryas.	16000л. до Р.Х.
I. Ахенское колебание.	Ориньякская и Солютрейская эпохи.	————	26000л. до Р.Х.
Вюрмский период.	Четвертое оледенение.	Балтийский ледниковый период.	

Среднее неолитическое время.

Средний неолитический период Обермайер считает с 6000 до 2500 л. до Р.Х., конечно только в Европе, где он более изучен. Техника изготовления каменных орудий достигла высокого развития. Главным материалом для изделий остался кремень, но собиратели его, не ограничивались уже случайными находками, а отыскивали его месторождения и закладывали шахты для его добывания. Впервые применяется шлифовка камня, орудия получают более современную форму и становятся очень разнообразными. Широко были распространены изделия из дерева. Остатки свайных построек на Баденском озере доставили нам в превосходной сохранности сосуды, ножи, лук, челнок и другие предметы. Олений рог и кости животных также широко применялись для поделок,

шлифовались и из них вырабатывали кинжалы, наконечники для копий и стрел, гарпуны, крючки для ловли рыбы и пр. Жителям Европы в это время уже была доступна обработка льна и шерсти для пряжи и тканья, а для плетения применялись ива, луб, солома и т.п. Гончарные находки, относящиеся к этому времени многочисленны и достигают все большего совершенства.

Поселения неолитического века представляют собою землянки, собранные в „деревни", или свайные постройки. Встречаются даже земляные укрепления. Встречаются настоящие каменные гробницы этой эпохи, в некоторых местах замененные глиняными урнами.

Позднейшее неолитическое время

Обермайер считает позднейший период неолитического времени от 3000 и 2500 до 2000 л. до Р.Х. опять таки в Европе. Это уже переход к медному веку.

Кремневые орудия этого времени уже превосходно обработаны. Они в большом количестве встречаются в Скандинавии, в средней и западной Европе, в западной России. Часть изделий попрежнему из кремня, а часть из шлифованного камня. В это время уже появляются орудия из меди сперва на юге Европы, а затем они распространяются и далее. Это новый фактор культуры, получивший чрезвычайно крупное значение. Самородной меди в Европе не встречается, поэтому надо думать, что неолитический человек ее выплавлял из руды, что правда могло достигаться без особенной сложности. Доисторические медные копи открыты в Испании, Франции, Тироле, Венгрии и Англии. Медные орудия являются непосредственными, но улучшенными повторениями каменных. Это главным образом топоры. Вероятно способы выплавки меди и ее обработки были получены жителями Европы от более развитых народов. На востоке добывание металлов началось гораздо раньше - в У тысячелетии до Р.Х.

Таким образом, конец каменного века характеризуется

применением меди на ряду с выделкой орудий из камня. Мало того, одновременно с древнейшими медными орудиями появляются и первые изделия из бронзы, но они играют еще совершенно второстепенную роль, главная же остается за каменными.

Замечательны гробницы новейшего неолитического времени - целые архитектурные сооружения. Таковы дольмены, в наиболее простом виде состоящие из нескольких вертикально поставленных более или менее плоских камней, покрытых одним горизонтальным. Встречаются и сложные огромные дольмены , служившие гробницами для целых племен. Они распространены во Франции /особенно в Бретани /, в Англии, Дании, Бельгии, Голландии, Скандинавии, северной Германии, на Балканском полуострове, на северном побережье Черного моря, в Крыму и на Кавказе, в области Средиземного моря особенно в северной Африке.

Менгиры - округленные от природы или искусственным путем высокие каменные столбы, стоящие по одиночке или же группами, иногда в форме замкнутой фигуры /кромлех/. Встречаются они везде, где имеются дольмены, особенно в северо-западной Европе. Вероятно они связаны с культом предков. Более сложные постройки этого типа /мегалитические/ встречаются в Англии / stonehenge /.

Искусство неолитического периода отразилось главным образом в дошедших до нас каменных бабах и статуэтках, которые в большинстве являются идолами.

В это время человек уже довольно широко пользовался естественными богатствами природы лугами и лесами, доставлявшими ему пропитание. Он имел уже домашних животных. Для одежды пользовался тканными материалами льняными и шерстяными. Меновая торговля велась в Европе на обширном пространстве. Люди жили здесь оседло, образуя племена или роды.

Находки костей неолитического человека многочисленны, несмотря на это до сих пор не удалось установить

происхождение первобытных племен, населявших различные области так же, как и их странствования. Довольно определенно выясняется, что арийцы появились в Европе еще в неолитический период.

Бронзовый век Европы.

В Европе бронзовый век считают от 2000 до 1000 г. до Р.Х. Проникла в Европу бронза из западной Азии, где она вырабатывалась уже с IУ тысячелетия до Р.Х. Бронзовые изделия исходили из изделий неолитического времени, но постепенно выделка их совершенствовалась, работа становилась тоньше, увеличивалась разнообразие. Надо думать, что вследствие небольшого числа месторождений олова в Европе, бронза изготовлялась в немногих странах, из которых и перевозилась в другие. Поэтому количество бронзовых изделий было недостаточно и на ряду с ними были в употреблении каменные орудия. Торговля происходила на всем пространстве от Средиземного моря до Англии и Скандинавии, главным образом сухим путем , но также и посредством перевозки на судах, уже пригодных для плавания в море. Главный предмет ее составляла сама бронза, медь и олово, затем золото, янтарь, рабы.

Особенно быстро развивалась культура бронзового века на юго-востоке Европы в Эгейском культурном мире, центрами которого являлись Крит и Микены.

Доисторический железный век Европы.

Не останавливаясь на развитии культуры каменного, бронзового и железного веков на востоке, мы приведем ниже лишь хронологические данные, теперь же скажем несколько слов о железном доисторическом веке в Европе.

Железо вследствие трудности его добывания и обработки считалось еще во втором тысячелетии до Р.Х. драгоценностью. Выделка изделий из железа в Европе начинается около 1000г. до Р.Х. С этого времени считается „полужелезный век" или Галльштаттский период"

/озеро и округ в Австрии/. Раньше всего железные изделия получают распространение в Италии у этрусков в качестве орудий и инструментов, для всего же остального употреблялась бронза. В средней Европе железный век начинается позже. Богатейшие археологические находки были сделаны в округе Галльштатта, изобиловавшем солью, что вызвало развитие горной промышленности и торговли.

С 500 г. до Р.Х. считается наступление расцвета железного века, называемого ла-тенской эпохою по имени кельтского свайного поселения. La Tène на Нейенбургском озере в Швейцарии. Выделка железных изделий достигает большого совершенства.

В пределах России бронзовый и железный века отличаются от европейских; здесь на юге развивалась „скифская культура", носившая на себе азиатский отпечаток, но принесена она была греками.

Конец железного века в Европе считается с периода римлян или около начала нашей эры.

Первобытная хронология Востока.

Не останавливаясь на развитии культуры в восточных странах, мы перечислим здесь некоторые главнейшие моменты их первобытной истории.

Начало геологически современного периода - неолитический век - и здесь относят к 10000 л. до Р.Х. Древнейшая культура востока развилась в Месопотамии, где в самые отдаленные времена, о которых сохранились какие нибудь упоминания в истории, обитали сумерийцы или сумеры / шумеры /. Их страна называлась Сумер и занимала южную Вавилонию. Это народ не семитического происхождения. В У тысячелетии до Р.Х. их язык имел уже характер зрелого языка и было изобретено письмо, как свидетельствует древнейшая табличка с письменами, относимая к 4500 - 4000 г. до Р.Х. Сумерийцами же была выработана и шестиричная система счисления.

В начале медного века, в У тысячелетии, в Месопотамии на ряду с сумерийцами встречаются семиты - аккадийцы,

/аккадезы/, а около 3750 г. их царь Саргон покорил всю страну от Евфрата до Средиземного моря. Около 2000 л. до Р.Х. Хаммураби объединил разные государства в одно семитическое царство - Вавилонское. Современником Хаммураби был Авраам, выселившийся в Ханаан.

В северной части Месопотамии, в Ассирии в У тысячелетии также получили преобладание семиты, а в 689 г. до Р.Х. Ассирия покорила Вавилон.

Параллельно с развитием государств в Месопотамии развивались первые периоды истории Египта. Первобытное население его было местного происхождения; его относят к светлой берберийской расе. Около 5000 л. до Р.Х. в долину Нила проникли семиты из Азии и как более культурные, сделались господуствующим народом, хотя и растворились в многочисленной берберийской расе. История Египта начинается с двух первых династий около 4000л. до Р.Х. В четвертом тысячелетии развивается культура бронзового века и к этому времени относится „древнее царство" III и IУ династий с постройкой огромных памятников - пирамид. Около I700 г. в Египет проникли из Сирии племена бедуинов под властью гиксов и завоевали нижний Египет. Хотя они были изгнаны в I570 г., но многие семитические народности остались, в том числе евреи. Железный век Египта совпадает с периодом „Нового царства" - эпохой возрождения египетского государства. В 525 г. Египет подпал под владичество персов, а в 33I г. в нем утвердилась власть македонян.

История Палестины здесь не излагается совершенно, как более известная.

Обермайер дает следующую хронологическую таблицу ранних периодов истории востока. Этой таблицей и закончится то отступление от геологической истории земли, в область антропологии и археологии, которое было сделано, чтобы показать связь или переход от геологического времени к историческому.

до Р.Х.	Месопотамия.	Египет.	Палестина /Сирия/	
	Палеолитический период.			
10000.	Неолитический период.			
	Туземные первобытные племена.			
6000.	Медный век.			
5000.	Сумерийские мелкие государства в южной Вавилонии. Семиты-аккадийцы в северной Вавилонии. Расцвет сумерийской культуры.	Медный век. Вторжение азиатов-семитов.	Медный век. Вторжение первобытных семитов.	
4000.	Бронзовый век. 3750 Саргон.	Менес /I-II династии/ 3800г. Бронзовый век. 3800-3000 Древнее царство /III-У дин./ Постройка пирамид.	Бронзовый век. Халдейское влияние.	
3000.	Окончательная семитизация Месопотамии.	Падение древнего царства и переходный период.		
2000.	Хаммураби-основатель Великой Вавилонии. Авраам.	2200-1700г. Среднее царство /XI-XIII династии/ 1800-1400г. Евреи в Египте /1400г.-Моисей/ 1700-1570г. гиксы.	Первобытные хананеяне. 2000 г. Переселение Авраама. 1800 г. Переселение евреев в Египет.	
	1700 г.	1600 г.	1300 г. Вторичное занятие Сирии евреями.	
	Железный век.	Железный век.		
	1500 г. Начало сношений между Вавилонией и Ассирией.	1570 - 1100 г. Новое царство. /ХУІІІ-ХХ династии/	1200-1000г. судьи 1000г. - Саул. 1000-960г. Давид	
1000.		1100 - 663г. Египет под властью чужеземцев.	960-925г. Соломон Около 920г. -разделение царств.	
	689г. Разрушение Вавилона ассирийским царем Сенахерибом	663 - 525 г. Период реставрации /ХХУІ династия/.	Ц.Иудейское. 588г. Падение Иерусалима. Вавилонское пленение.	Ц.Израильское. 722г. Падение Самарии Ассирийское пленение.
	539 г.	525 - 332 г.	538г.Кир.	
500	Вавилон во власти персов - Кир.	Персидское владычество.	разрешает восстановить Иерусалим.	

Распространение жизни в Послеледниковый период.

Остановимся на явлениях, происходивших втечение послеледникового времени и связанных с распространением жизни.

Плейстоцен заканчивается отступанием на север ледникового покрова из средних широт Европы и С.Америки. Жизнь в областях, занятых ледниками, почти прекращалась, органический мир их должен был быть чрезвычайно ограничен. Не то было в теплом поясе земного шара, где и в океанах и на суше жизнь развивалась без перерывов. Из этого то пояса органическое царство и распространялось на север по мере отступания ледников, вновь завоевывая те пространства, в которых оно существовало до наступления ледникового времени. Но в Старом Свете этому препятствовало Средиземное море и потому многие растения, обитавшие в Европе до наступания ледников и вытесненные ими при охлаждении климата в Азию, обратно уже не могли проникнуть, встретив на своем пути преграду моря и пустынь. В Америке этих преград не было и потому там движение флоры и фауны на север совершалось более правильно.

Тундровая растительность и полярная фауна, обитавшие по окраинам ледника, подвинулись вслед за ним на север не менее, чем на 20^0 по широте и заняли свое современное положение. Это хорошо видно по ископаемым остаткам северного оленя и мускусного быка, которые были найдены в отложениях Пенсильвании, Вирджинии, Огайо, Кентукки, Миссури, Айова. Теперь эти животные встречаются только на крайнем севере, а мускусный бык исключительно в полярной Америке и в Гренландии. Очевидно продвижение флоры и фауны совершалось очень медленно.

Постепенно области отступания ледникового покрова заселялись и человеком. Как мы видели, родина человека находилась вероятно в южной Азии, в ее теплой притропи-

ческой полосе скорее, чем в тропиках, где влажный климат и густые болотистые леса не были благоприятны для жизни человека. С другой стороны, значительные высоты и пустыни также неудобны; полупустыни уже более пригодны и существующие в них условия способствуют кочевому образу жизни, но вместе с тем затрудняют развитие культуры. Наиболее быстро она прогрессировала у оседлых народностей, значит там,где имеется плодородная почва, особенно в хорошо орошенных долинах. Эти то условия и могли быть найдены первобытными людьми в субтропической Азии.

Отсюда они распространялись в разные стороны как бы волнами, давшими начало возникновению различных рас. Первая людская волна направилась на восток и северо-восток; она распространилась постепенно по восточным берегам Азии и по близлежащим островам Тихого океана; дойдя до полярных областей Азии, перебралась в Америку по суше, которая в то время вероятно соединяла оба материка, а часть ее по окраинам этих областей распространилась и на запад. От этой волны произошли расы желтой или монголоидной группы; 1/ монгольские, малайские и американские народности этих рас образовали три центра цивилизации: китайской на пространстве между тропиком и 40° N с одной стороны и между пустынями на западе и океаном на востоке с другой; мексиканской в С.Америке в тех же широтах; перувианской в Ю.Америке в подобных же физико-географических условиях. Из этих центров цивилизация распространялась к окружающим более диким племенам.

Вторая волна двинулась из Азии на юго-восток. Она была много меньше первой и дала начало расам австралоидной группы, которые по развитию стоят ниже других.

1/ Расы - разновидности человеческого рода, различающиеся по физическим признакам.

Третья волна пошла на юг и населила Африку к югу от Сахары расами негроидной группы, которые находятся на невысокой ступени культуры.

Четвертая волна направилась на северо-запад, обходя лежащие в этом направлении препятствия, горы и пустыни, или перебираясь через них. Она растеклась по западной Азии, Европе и северной Африке. От нее произошли расы светлокожей или средиземноморской группы, культура которых значительно выше культуры других групп.

Дальнейшее развитие культуры происходило под сильным влиянием физико-географических условий, которые надолго обособили центры цивилизации друг от друга и потому культутра в них развивалась по разному. Впоследствии по мере роста цивилизации особенно благодаря увеличению народонаселения и развитию техники обособленность центров все более и более уничтожалась, расы чем дальше, тем более смешиваются. Многие из них исчезли, некоторые вымерли даже втечение XIX столетия.

Интересно указать, что центр нашей цивилизации постепенно передвигался к северу: от низовьев Евфрата на берега Сирии, оттуда в Грецию, затем в Рим, затем в среднюю Европу.

Влияние человека на природу, сначала очень мало заметное, чем дальше, тем становится все более явственным и за последние столетия оно уже очень заметно. Многие виды животных истреблены человеком, что же касается растительного царства, то в этом отношении целые области потеряли свой первоначальный вид. Меньшее влияние человек оказал на жизнь водных бассейнов, но и здесь он сделал много для нарушения естественного хода ее развития.

ВНУТРЕННИЕ СИЛЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ РЕЛЬЕФ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Теперь мы перейдем к изучению тех форм рельефа земной поверхности, которые вызываются проявлениями

внутренних сил: вулканизма, землетрясений, вековых колебаний земной коры и горообразующих процессов.

Вулканизм.

Вулканические явления - наиболее резкие проявления внутренних сил земли. В короткое время они иногда создают совершенно новые формы рельефа - настоящие новообразования, тогда как в других случаях происходит повсюду лишь изменение формы или перемещение уже существующих на земной поверхности масс /Супан/. Иногда вулканизм так же быстро разрушает существующий рельеф. Но вместе с тем вулканические явления всегда имеют лишь местное значение и последствия их измеряются гораздо меньшим масштабом, чем те изменения, которые совершаются в земной коре очень медленно, но за то непрерывно.

Вулканом называется устье выходящего на поверхность Земли канала, через который постоянно или временами выбрасываются из земных недр нагретые газы, или твердые вещества, или лавы. Проявления деятельности вулканов называют вулканическими извержениями.

Вулканы бывают действующие и потухшие. К действующим причисляют все вулканы, из которых происходили извержения за историческое время, остальные же считают потухшими. Конечно, не существует никаких категорических признаков, позволяющих установить, что вулкан потух навсегда, потому что деятельность вулканов возобновляется не периодически, а через неопределенные промежутки времени. Так один из наиболее деятельных вулканов нашего времени - Везувий считался в древности потухшим, но в 79 г. по Р.Х. неожиданно произошло извержение чрезвычайной силы, а затем извержения повторялись, сначала редко, с 1712 же года фазы его деятельности были продолжительнее периодов покоя. Известно много потухших вулканов, образовавшихся в начале четвертичного периода и даже раньше.

Продукты извержения.

Продукты вулканических извержений бывают жидкие, твердые и газообразные.

Жидкие продукты извержения - это лавы разных родов. Лава представляет собою магму, расплавленное вещество, вытекающее из недр земли на поверхность. Состав лав очень разнообразен, но главная часть их есть кремнезем, по количеству которого можно все лавы разделить на кислые и основные. Кислые лавы содержат более 65 о/о кремнезема, напр., липарит - 75 о/о, трахит - 65 о/о. Основные - менее 65 о/о, напр. андезит - более 50 о/о, базальт - 40-50 о/о. С понижением количества кремнезема понижается и точка плавления лавы. Базальт плавится при 1100 - 1370° при нормальном давлении. Лава выливается из жерла вулкана, называемого кратером, или же вытекает через боковые отверстия и трещины на склонах вулкана. По мере уменьшения наклона местности и остывания лавы, она течет все медленнее и медленнее и, наконец, останавливается. Лава вытекает из кратера обыкновенно в состоянии белого каления, но степень ее жидкости при этом вполне зависит от состава. Основные лавы, как более жидкие, движутся с наибольшей быстротой, достигающей на Гаваи в зависимости от склона 20 - 30 км. в час. Скорость движения лавы Везувия бывает до 5км. в час, а для Этны всего до 0,5 км.

С поверхности лава быстро покрывается слоем шлаков и застывает, но внутри она еще долго остается жидкой и сохраняет высокую температуру в течение многих лет. Поверхность застывшей лавы принимает темный цвет и бывает у жидких лав довольно гладкая или морщинистая; у более же вязких она очень неровна. Расплавленная лава содержит очень большое количество водяных паров и газов, которые, выделяясь при охлаждении, придают поверхности потока пузырчатый шлакообразный вид. Иногда при застывании лавовый поток разбивается на призматические

столбы, расположенные нормально к склону, что объясняют быстрым охлаждением лавы. Примеры столбчатой отдельности - Канталь, Шотландия и Ирландия, где такого вида лавы называют „мостовой гигантов", Фингалова пещера на о.Стаффа, Новая Зеландия, лавы Рио-Колорадо в С.Америке. Некоторые лавы распадаются на шары.

Самые большие площади, покрытые лавой, вероятно в Индии, где вся западная часть Индостана состоит из траппа, как называют совокупность темных изверженных пород.

Извержение Пеле на о.Мартиника в 1902 г. доставило единственный случай наблюдать появление из кратера выступа из вязкой лавы и твердого на поверхности. После того, как прекратилось выбрасывание раскаленных туч, из кратера начал выпираться выступ кислой андезитовой лавы, достигший через несколько месяцев 476м. в вышину. По мере поднятия выступа с его сторон отрывались глыбы, которые падали вниз; несколько раз обрушивалась и вершина выступа.

Таким образом, лава может не только истекать из кратера в виде потоков, но и образовывать выступы на вершине вулкана. Уже давно были известные потухшие вулканы, имеющие в верхней части куполообразную форму без кратера. Раньше думали, что такие куполообразные вулканы образовались под покровом рыхлых продуктов извержения, которые препятствовали растеканию лавы, а позднее были снесены. Теперь извержение Пеле показало, что подобные вулканы могли образоваться и без такого покрова.

Твердые продукты извержений, их называют также рыхлыми продуктами, бывают очень различной величины: от мельчайших пылинок до глыб в несколько кубических метров.

Самые мелкие продукты это пепел и песок; пепел представляет собою тончайшую пыль, в которую раздробляется большая часть лавы во время взрывов газа и пара

внутри вулкана. Пепел выбрасывается иногда на очень большую высоту, долго остается взвешенным в атмосфере и переносится ветрами на большие расстояния. При извержении Кракатоа в 1883 г. масса пепла была выброшена на высоту более 30 км.; в течение многих месяцев пепел носился в воздухе, распространившись от экватора до полюсов, и благодаря ему во многих местах, даже в Европе наблюдалась яркая окраска неба во время зари. Только в 1886 г. воздух очистился от этого пепла. Большая часть пепла падает на склоны вулкана. Дожди превращают его в жидкий ил, который в виде грязевых потоков стекает вниз с большою скоростью. Помпея была уничтожена в 79 г. именно грязевым потоком. Затвердевая, грязевые потоки превращаются в трасс, тот же ил, который уносится текучими водами и отлагаясь в виде осадка из воды, называется вулканическим туфом. Скопления пепла, смешанного с более крупными продуктами, у краев кратера бывают на столько значительны, что они обрушиваются и скатываются вниз по склонам вулкана, прорезывая глубокие ложбины, разделенные острыми гребнями. Это - сухие лавины.

Пемза есть не что иное, как затвердевшая пена шлаков лавы, настолько пористая и легкая от массы мелких пузырьков, выделяющихся из тугоплавкой магмы, что она плавает на воде. При упомянутом извержении Кракатоа пемза заполнила залив Лампунг в Зондском проливе пластом толщиною до 4 м. при 30 км. длины и 1 км. ширины.

Более крупные твердые продукты извержения, величиною с орех, называются - ляпилли; они также довольно пористы.

Наконец, еще более крупные глыбы, выбрасываемые из кратера вулкана, называются вулканическими бомбами. Если магма легкоплавка, то бомбы выбрасываются в незатвердевшем состоянии и вследствие вращения в воздухе получают скрученную форму, а падая на землю несколько расплющиваются. Если же магма более тугоплавка, то бомбы не носят следа вращения и имеют растрескавшуюся

корковидную поверхность. Иногда вулканы выбрасывают целые глыбы, оторванные при извержении от пород, входящих в состав вулкана, или же от посторонних вулкану пород, находящихся на больших глубинах.

Газообразные продукты извержения, выбрасываемые вулканом во время извержения, до сих пор хорошо не изучены; о их составе судят по выделениям на склонах вулкана, которые состоят главным образом из водяного пара, затем из углекислоты, окиси углерода, азота, метана и водорода. Последние два газа могут воспламеняться и иногда выбрасываются вулканом в виде столба пламени.

Взрывы газа увлекают с собою и твердые раскаленные вещества, благодаря чему ночью бывает виден выбрасываемый из кратера столб газов. Когда количество увлекаемых твердых материалов велико, тогда над вулканом поднимается столб как бы дыма, расстилающийся на некоторой высоте в виде почти черной тучи. Она принимает часто типичную форму кроны итальянской сосны /пинии/, указывающую на образование над вулканом антициклонического движения воздушных масс. К пеплу присоединяются массы водяных паров, переходящих при поднятии в стадию облаков, так что туча над вулканом достигает огромных размеров и извержения часто сопровождаются ливнями. Также часто наблюдаются и молнии в этих облаках.

В одном случае, именно при извержении вулкана Пеле, наблюдались совершенно особенные раскаленные тучи газов и паров, которые вместо того, чтобы подниматься вверх, катились по склонам вулкана со скоростью большей, чем скорость урагана и увлекали с собою огромное количество пепла и камней. Высота тучи достигала 4000м. Температура ее была свыше 125°, но меньше 230°. Ею был разрушен г. Сен-Пьер в 1902 г., в котором здания были сметены, как ураганом.

Ход извержения.

Характер извержения бывает различный как у разных вулканов, так и у одного и то же вулкана в разное время. Раньше, чем дать все типы извержений, опишем в общих чертах ход извержения Везувия, в котором различные фазы развиты довольно полно.

Когда этот вулкан, считавшийся потухшим, возобновил свою деятельность, первое его извержение было очень сильным. Когда затем извержения его повторялись через разные промежутки времени, то чем дольше был период покоя, тем сильнее было последующее извержение. Это правило часто бывает приложимо и к другим вулканам. Часто, но далеко не всегда, предвестниками извержения являются местные землетрясения, постепенно усиливающиеся. Из кратера вырываются все большие массы паров, которые наконец выбрасывают материалы, заполнившие канал вулкана, что часто сопровождается взрывом большой силы. Тогда начинается выбрасывание рыхлых продуктов, над вулканом поднимается столб пепла, расширяющийся в облако. Через некоторое время появляется лава, вытекающая из кратера. Эта последняя стадия извержения продолжается некоторое время, после чего извержение ослабевает. Иногда извержения Везувия не имеют всех трех фаз; иногда эти фазы протекают в короткое время; иногда же они повторяются в течение нескольких месяцев.

Такого характера извержение, как у Везувия, некоторые считают типичным и называют его везувиальным типом. Свойственные ему черты: чередование периодов покоя и деятельности и смешанный характер продуктов извержения. Но далеко не все вулканы проявляют такого рода деятельность, как в смысле неравномерности ее, так и по характеру извержения. Есть вулканы, действующие гораздо более равномерно, напр. Стромболи, извержения которого происходят более спокойно и правильно.

Типы извержений и типы вулканических аппаратов.

Мы приводим здесь наблюдаемые типы извержений, придерживаясь классификации Ога.

I/ Гавайский тип характеризуется сравнительно спокойным истечением одной лишь очень жидкой лавы совсем без твердых продуктов. Взрывов газов не наблюдается, они свободно выделяются, благодаря жидкому состоянию лавы и образуют в ней фонтаны. Вулканы, из которых происходят извержения Гавайского типа, по своему строению могут быть выделены в особый тип - лавовых конусов. Они имеют вид очень пологого купола, который образовался вследствие наложения друг на друга мощных потоков лавы, изливавшихся из боковых трещин при повторных извержениях. К числу таких вулканов относятся оба вулкана островов Гавай: Мауна-Лоа /4168 м./ и расположившийся на его склоне Килауэа /1231 м./. Мауна-Лоа самый большой вулкан на земной поверхности. Он поднимается со дна океана с глубины свыше 4000 м., имея склоны менее 7°, и в диаметре до 500 км. Они имеют громадные плоские кратеры /Килауэа - 4900 м. в диаметре/ без возвышающихся над вершиной горы краев, но опускающиеся внутрь отвесными стенами. Вероятно эти кратеры образовались не вследствие взрыва, а путем провала, оседания краев. В кратере Килауэа находится озеро, постоянно наполненное расплавленной лавой, в Мауна-Лоа лава скрыта под затвердевшей корой. При извержении жидкая базальтовая лава, постепенно поднимаясь, заполняет весь кратер и переливается, как вода, через его края или вытекает из трещин; с обрывов она ниспадает каскадами. Когда извержение ослабевает, лава в кратере опускается. На стенах кратера образовался ряд террас, указывающих положение уровня озера в разное время.

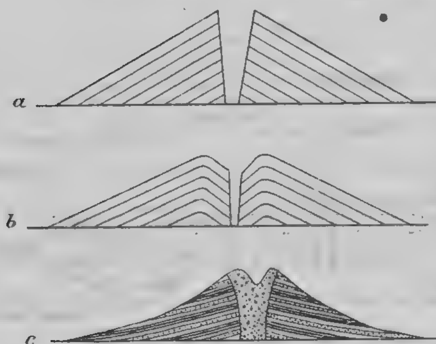
Тип извержения вулкана не всегда сохраняется постоянным, так Килауэа в 1789 г. извергал пепел и камни.

К тому же типу принадлежат плоские, „щитовидные" вулканы Исландии, излившие мощные пласты лавы, и некоторые вулканы прошлых эпох, напр. в Центральной Франции. Вероятно такими же вулканами были излиты огромные массы лавы в Орегоне на западе Соединенных Штатов и в Деккане.

2/ Извержения типа Стромболи характеризуются также излияниями жидкой лавы, но сопровождаются сильными взрывами газов, вследствие чего выбрасывается много твердых продуктов, именно бомб. Пепла извергается мало и потому выходящие из вулкана пары почти бесцветны. Лавовые потоки покрывают гораздо меньшие площади, чем у вулканов типа Гаваи. Поверхность лавы неровная, из нее торчат глыбы шлаков.

Вулканические аппараты, соответствующие извержениям типа Стромболи, относятся к типу обломочных вулканов, так как эти конусы образовались от нагромождения бомб и лаппилей и отчасти пепла. Эти сыпучие отложения располагаются слоями, опускающимися к периферии вулкана под углом, соответствующим углу осыпей /до 35°/. Стены кратера почти отвесны и верхние края его часто с одной стороны обрушиваются; получается брешь, через которую вытекает лавовый поток /фиг. 48 а/.

Фиг. 48



a - обломочный конус, b - пепловый конус, c - смешанный конус.

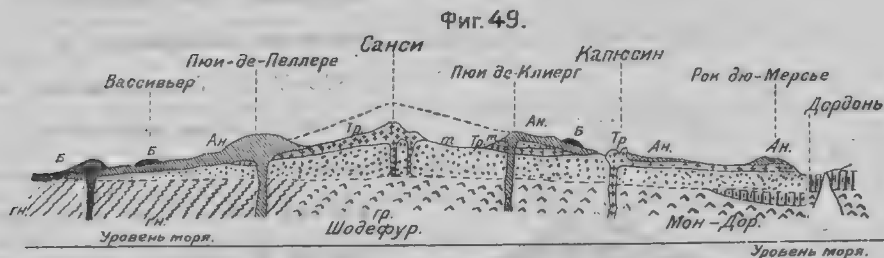
3/ Извержения типа Вулкано названы по имени острова Вулкано в Липарских островах, где наблюдалось типичное извержение в 1888-89 г. Выделяющаяся магма отличается вязкостью, вследствие чего она закупоривает канал. Это вызывает частые и сильные взрывы, и потому извержение характеризуется массой выбрасываемого пепла. Потоки лавы гораздо

менее мощны, чем в предшествующих типах и движутся очень медленно. Бомбы имеют трещиноватую поверхность.

Этого рода извержения васыпают пепловые конусы, в которых слои расположены полого на склонах вулкана /до 20^0 - 25/ и круто падают по направлению к кратеру / фиг. 48 b ./. Иногда случаются извержения одного только пепла, как это было в 1538 году, когда в одну ночь на равнине близ Неаполя вырос вулкан /Монте-Нуово/ в 143 м. высотой, насыпанный исключительно из пепла. Гунунг - Темборо на о. Сумбава в Зондском архипелаге в 1815 г. выбросил около 200 куб. км. пепла, и немногим менее Фуджи в Японии в 1707 г.

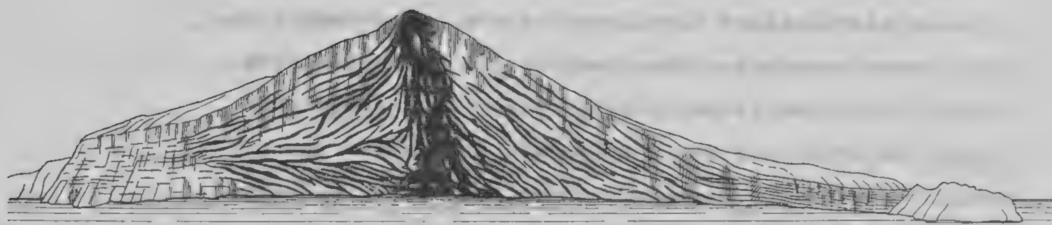
Вулканы, извержения которых имеют смешанный тип, сложены из перемежающихся слоев лавы и слоев пепла и ляпиллей. Они называются смешанными вулканами /или сложными/. Склоны их менее круты /фиг. 48 с./, чем в предыдущих двух случаях, а строение более прочно. Кратер обыкновенно бывает очень широк с отвесными краями /такие кратеры называются Кальдера/ и заполнен продуктами извержения. Вероятно таково строение большинства значительных действующих в современную эпоху вулканов и таково же у многих из древних, которых строение раскрыто временем. Хорошим примером являются вулканы Франции: Канталь и Мон-Дор /фиг. 49/, и из современных Кракатоа /фиг. 50/. Обломочные, пепловые и смешанные

Фиг. 49.



Разрез массива Мон-Дор (по Мишель-Леви).
гн-гнейс; гр-гранит; т-туф; Тр-трахит; Ан-андезит; б-базальт.

Фиг. 50



Естественный разрез Кракатоа (по Verbeek).

вулканы имею часто очень крутые склоны /около 30°-40°/ близь вершины, особенно первые две категория; крутизна их уменьшается к основанию вулкана, так что склоны всегда представляются вогнутыми к небу. Типичный пример Фузияма. Склоны вулкана Пико на Азорских островах имеют такой уклон, начиная с вершины: 35°, 20°, 12°, 6°, 3°.

4/ Извержения типа Пеле отличаются от типа Вулкано горячими тучами, катящимися вниз по склонам. Лавовые потоки в этих извержениях почти никогда не образуются, лава слишком вязка и может лишь выпираться из кратера. Такого рода извержения имели вулканы: Сан-Жорге на Азорских островах, в Японии и на Яве.

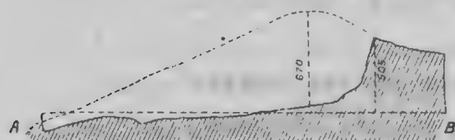
Этому типу соответствуют кучевые вулканы, куполи которых образуются вследствие выпирания лавы. Примерами таких форм служат многие из потухших вулканов, а в 1866 году наблюдалось извержение в группе островов Санторин, которое доставило случай изучить образование выступа андезитовой лавы, приведшее к возникновению острова Георгиос.

Характер извержения вулкана за время его существо-

вания обыкновенно не сохраняется неизменным; в одно время он извергает пепел, в другое лаву, иногда же его извержение бывают смешанным. После долгого покоя часто вулканы возобновляют свою деятельность сильнейшим взрывом, после чего она снова прекращается на то или иное время. Некоторые ученые считают такие вулканические взрывы за отдельный тип извержений. Происходят они потому, что пары и газы должны иметь огромную упругость, чтобы найти себе выход через канал, прочно закупоренный продуктами давнишних извержений и за время долгого покоя. Примерами вулканических взрывов являются извержения Бандайсана в Японии и Кракатоа в Зондском проливе.

Бандайсан считался совершенно потухшим вулканом. В 1888 году произошел сильнейший взрыв, повторявшийся несколько раз подряд. Были выброшены огромные массы пара, которыми вся вершина вулкана с северной стороны была взорвана /фиг. 51/ и образовалось углубление - кратер взрыва. Объем распыленной массы горы достиг 1,2 куб.км., причем никаких продуктов собственно извержения из глубины не наблюдалось, кроме паров.

Фиг. 51



Профиль Бандайсана до и после извержения

Извержение Кракатоа в 1883 году, находившегося в состоянии покоя с 1680 г., сопровождалось несколькими взрывами, причем самым сильным извержение закончилось, после того, как деятельность вулкана продолжалась несколько месяцев. Взрывами было уничтожено две трети острова в 33 кв.км. При этом извержении в отличие от Бандайсана были выброшены огромные массы пепла и пемзы, излияния же лавы на поверхность острова не было. Это извержение следовательно не может быть отнесено к числу чисто взрывчатых.

До сих пор мы говорили об отдельных вулканах имеющих типичную форму конуса, но существует и другая форма вулканических аппаратов. Это - трещинные вулканы. Из дальнейшего изложения будет видно, что вулканы часто располагаются группами вдоль линий раскола земной коры. Иногда трещины бывают усажены рядом отдельных кратеров, иногда же отдельные кратеры могут отсутствовать и выливание лавы происходит прямо через края трещины. Это обыкновенно бывает спокойное излияние жидкой лавы. Трещинные извержения свойственны особенно Исландии, напр. трещина Лаки; им же приписывают образование древних лавовых покровов в Декане и Колорадо.

В заключение отдела о типах вулканов надо указать, что единой общепринятой классификации их до сих пор не установлено и в основание ея могут быть положены разные принципы. Так например, Штюбель / Stübel / делит все вулканы на моногенные, которые образовались в один прием, в течение одного периода деятельности вулкана, длинного или короткого безразлично, и на полигенные, которые образовались в течение нескольких извержений, отделявшихся друг от друга периодами покоя. Разделить вулканы по этому признаку оказывается невозможно.

Подводные вулканические извержения до сих пор изучены еще очень мало и наблюдения не дают основания для выделения их в особый тип. Известно, что при них выделяются такие же продукты, как и при наземных извержениях. В географическом отношении они имеют значение, потому что продукты подводных извержений играют большую роль в образовании грунта глубокой области океана /красная глина/, а с другой стороны они приводят к возникновению новых форм рельефа - вулканических островов, о чем уже говорилось в отделе об островах.

Эволюция форм вулканического рельефа.

Форма самих вулканов часто изменяется во время извержений. Мы уже видели, что взрывы уничтожают иногда значительные части вулканов. Взрывая твердые массы, наполняющие кратер, взрывы увеличивают его и превращают в подобие цирка с высокими отвесными краями; такая котловина называется кальдерой. Случается, что последующие извержения насыпают внутри кальдеры новый вулканический конус, причем часть кальдеры может быть разрушена. Так именно было с Везувием. Его вершина окаймлена с одной стороны оставшимся от прежней кальдеры хребтом Сомма, от которого она отделена подковообразной ложбиной - Atrio del Cavallo . Кратер при новом извержении может и переместиться, напр. на Этне он расположен вне кальдеры. В кальдере часто образуется озеро и новый конус может возникнуть среди его / Crater Lake в Орегоне/.

Многие вулканы имеют кроме главного конуса с его кратером еще побочные конусы и кратеры, которые могут быть расположены в разных местах: то на склонах главного, то в кальдере, то снаружи ее. Иногда их количество очень велико, напр. на Этне их насчитывают до 900. Часто внутри кратера находится несколько отверстий, окруженных небольшими конусами. Они называются - бокками.

Совершенно другое шлаковые конусы / hornitos /, которые образуются на лавовых потоках в тех местах, где газы выделяются с особенной силой, нагромождая небольшие конусы.

Дальнейшее изменение форм вулканического рельефа происходит под влиянием атмосферных агентов. Прежде всего склоны вулкана изрезываются узкими оврагами - „барранкосами", радиально расходящимися от вершины. Появляются они от размывания стекающей водой а также от прорезывания склонов низвергающимися сухими лави-

нами, образующимися от скопления массы изверженных рыхлых продуктов около краев кратера.

Вулканы, расположенные на берегу моря, подвергаются сравнительно быстрому разрушению прибоем.

Постепенно вулкан разрушается все более и более. Скорее сносятся рыхлые продукты, долее противостоит действию времени лава. Таким образом выступает наружу самое ядро вулкана / culot / или „нэкк" по английской терминологии /neck/,, т.е. верхняя часть канала, его горловина, заполненная продуктами извержения. Редко она бывает заполнена лавой, вероятно потому, что при извержении вся лава под напором газов изливается наружу, и тогда оставшаяся пустой горловина быстро заполняется рыхлыми продуктами. Лавовое ядро или вулканическая пробка может образоваться при выступании вязкой лавы. Оставшиеся после разрушения вулкана такие лавовые ядра представляют собою уединенные высокие скалы. Чаще горловины заполнены рыхлыми продуктами извержения. К таким образованиям относятся вулканические горловины /см. Ог Геология "перевод под ред. А.П.Павлова/ или диатремы /Добре/, т.е. каналы, пробитые взрывами газов в верхнем слое земной коры и заполненные вулканическими породами и обломками

Фиг. 52.



Разрез трех горловин (Шотландия).

окружающих пород. В большом числе они встречаются в Шотландии /фиг. 52/, где они исследованы А. Гейки /A.Geikie /, и в других местах. Бранка изучил так называемые маары в Швабии и назвал их эмбриональными вулканами. Такого же происхождения алмазоносные горловины Кимберлея. Добре удалось воспроизвести диатремы,

пробивая породы взрывами нитроглицерина или динамита в прочных цилиндрах.

Лава, застывшая в трещинах вулкана, после его разрушения выступает в виде настоящих стен; их называют - дайки / dyke /. Если лава, слагающая дайку, менее прочна, чем окружающие породы, то она разрушается раньше их и тогда образуется вместо стены ров.

Из всех продуктов вулканического извержения наибольшей прочностью отличаются лавы и именно кислые; Базальтовые лавы более легко разрушаются. Обширные поля этой лавы сравнительно легко проницаемы для воды и эрозия прорывает в них долины в форме каньонов, так хорошо известные на западе Соединенных Штатов. Между долинами остаются плато, Отвесные стены каньонов легко обрушиваются, речные долины расширяются, бока их получают строение террас. Углубление их идет еще быстрее, когда эрозия проникает до мягких пород, подстилающих лавовые потоки. Плато расчленяются все более и части их превращаются в отдельные столовые горы. Покровы лавы на склонах вулкана расчленяются также на отдельные плато, имеющие наклонную поверхность и расширяющиеся к периферии вулкана. В Оверни их зовут планезы / planèzes /.

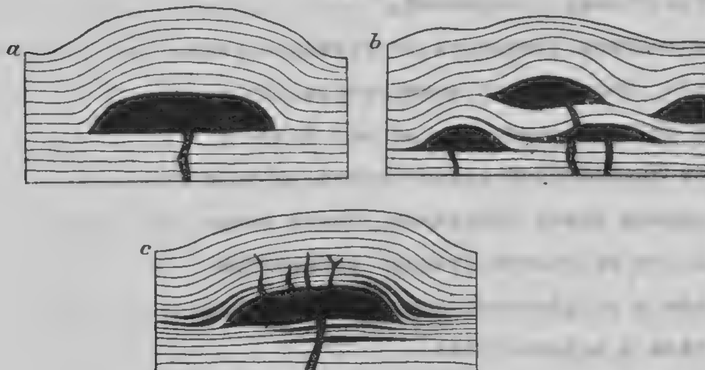
В некоторых областях сохранились еще вулканы, относящиеся к ранним геологических периодам, конечно значительно измененные. Их сохранение от окончательного разрушения объясняется тем, что они были прикрыты позднейшими осадочными породами, что могло произойти, если вулканы эти образовались на дне моря или же были покрыты морем вследствие последовавшего опускания. У таких вулканов слои лавы и туфа часто бывают смяты в складки и сброшены. С течением времени все формы рельефа, обусловленные существованием в данной области вулкана, могут совершенно исчезнуть и только распределение рек еще будет ука-

зывать на прошлое.

Л а к к о л и т ы.

Существуют и другого рода вулканические аппараты, чем вышеописанные. При своем образовании они скрыты внутри земной коры и появляются на поверхности Земли только после сноса выше лежащих слоев. Это лакколиты. Так называются вторжения /интрузии/ магмы внутрь земной коры в виде караваев или плоских куполов. На фиг. 53 приведены их схематические чертежи, данные

Фиг.53



Схематические разрезы Лакколитов по Гильберту.

Гильбертом / G.K. Gilbert /. Магма, проникая по каналу под огромным давлением, выпучивает и раздвигает слои, почему форма лакколита может быть очень сложной. От тела лакколита расходятся в стороны плоские отростки - апофизы и жилы. Обнажившиеся лакколиты достигают 6 км. в диаметре при мощности до 1000 м. Хорошие примеры Аю-Даг, лакколит Вателя и Партенита. Особенно известны лакколиты гор Генри в штате Юта и в Лосиных горах Колорадо.

Ф у м а р о л л ы.

Фумароллами называют выделения газов из трещин на склонах вулкана, а иногда и из трещин лавовых потоков. Их химический состав связан с температурой.

Сухие фумароллы - самые горячие, температуры красного каления, т.е. свыше 500^0. Раньше их считали не содержащими паров воды, но это не верно. Они выделяются в виде белого дыма и отлагают продукты возгонки: хло-

ристые соединения, сульфаты и окись меди.

Кислые фумароллы от 500° до 100° содержат главным образом водяной пар, углекислоту и сернистый ангидрат; отлагают преимущественно хлористые металлы.

Щелочные фумароллы от 100° до 40° содержат в большом количестве водяной пар и сероводород а из хлористых соединений лишь хлористый аммоний.

Мофетты фумароллы обыкновенной температуры, выделяющие преимущественно углекислоту с примесью азота, водорода и углеводородных соединений.

Чем дальше находятся фумароллы от кратера вулкана и от трещин его, тем ниже их температура. Но кроме того она зависит от деятельности вулкана. Сухие фумароллы свойственны напряженной деятельности, с ослаблением ее они сменяются более холодными. После конца извержения еще долго на склоне вулкана вырываются щелочные фумароллы и сольфатары, как называют выделения сернистого газа и сероводорода.

Сольфатаро - это название потухшего с 1198 г. вулкана близ Неаполя, не проявляющего никакой деятельности, кроме выделения водяных паров, углекислоты сернистого газа и сероводорода. Это название сделалось нарицательным и соответствующую стадию деятельности вулкана называют сольфатарной стадией.

При возобновлении деятельности вулкан переживает те же фазы в обратном порядке.

Мофетты существуют и в областях древней вулканической деятельности, в которых других признаков ее не обнаруживается.

Грязевые вулканы.

В вулканических областях газы выделяются еще особыми аппаратами - грязевыми вулканами или сальзами. Так называют холмы, являющиеся, как и вулканы, продуктами их собственной деятельности, но сложенные из глинистого ила, и извергающие потоки грязи, а иногда камни. На вершине их находятся отверстие - - кратер, в период покоя обыкновенно наполненный водою. Грязевые вулканы бывают двух родов. Одни находятся по соседству с действующими вулканами; они

имеют высокую температуру и в сущности являются теми же фумароллами, которых водяной пар, проходя через слои глины и пепла, размягчает их и выбрасывает в виде грязи. Другая группа это настоящие грязевые вулканы; температура извергаемых ими продуктов обыкновенно невысока, водяных паров в них немного, а среди выделяемых ими газов преобладают углеводороды, смешанные с углекислотой и сероводородом. Эти вулканы встречаются в древних вулканических областях и в соседстве с месторождениями нефти, которую некоторые из них иногда выделяют.

Вероятно вместе с нефтью в горных породах находятся и газообразные углеводороды; при их накоплении давление повышается и они прорываются наружу. В некоторых случаях они находят себе беспрепятственный выход по трещинам и тогда происходит непрерывное выделение газов - вечные огни, хорошо известные в окрестностях Баку и в некоторых местах С.Америки. Грязевые вулканы встречаются в Апеннинах, Сицилии, Индо-Китае, Зондских о-вах и в Центральной Америке, но особенно многочисленны и развиты они на Таманском и Керченском полуостровах и в окрестностях Баку; около последнего их насчитывают около 84. Размеры их бывают от 5 м. в Апеннинах до 426 м. близ Баку. Грязевые вулканы обычно располагаются рядами. Самый большой из них Торагай близ Баку высотой 426 м. н.у.м. Кратер Арсевы равняется двум третям кратера Везувия.

Извержения грязевых сопок сопровождаются иногда столбами пламени от загоревшихся газов; при извержении Лок-Батана около Баку в 1887 г. пламя достигло 600м. высоты; оно сопровождалось потоком грязи, имевшим до 300 м. длины, 200 ширины и 2м.мощности. Извержения на дне моря приводят к образованию очень недолговечных грязевых островов, каковы в Каспийском море Булла, Свиной и др.

Глубинные источники.

Вода обыкновенных источников имеет поверхностное происхождение; она лишь временно проникала в верхние слои земной коры. Но существуют и другие источники, которые доставляют воду несомненно с глубин, так как состав их воды не может быть объяснен растворением тех пород, по которым она поднимается. Они связаны с вулканическими явлениями и потому встречаются лишь в вулканических областях. Эти источники богаты газами и сильно минерализованы. Они имеют характерную черту - перемежающуюся деятельность или пульсирование. К ним относятся соффиони, гейзеры и горячие источники.

Соффиони представляют собою струи водяного пара, выбрасываемые из земли. Их пар нагрет до 100^{0} - 175^{0}; он охлаждается и вода скопляется в бассейнах, называемых лагони / lagoni /. Они особенно известны в Тоскане и на западе Соединенных Штатов.

Гейзеры - периодические горячие источники, которые выбрасывают нагретую свыше 100^{0} воду через совершенно определенные промежутки времени. Вода их содержит большое количество кремнезема, который отлагается вокруг устья источника и образуется настоящий бассейн. При наклоне местности вместо замкнутого бассейна ложе источника превращается в ряд террасс. Периодичность гейзера объясняется тем, что в глубине его трубы вода бывает нагрета сильнее, чем в верхней части, и не превращается в пар потому, что этому препятствует давление выше лежащего столба воды. Когда нагревание передается в этот верхний столб в достаточной степени, вода его закипает, давление на нижележащие массы уменьшается, они сразу превращаются в пар и производят извержение. Масса воды, выброшенная в воздух, охлаждается, падает обратно и охлаждает воду в канале, почему фонтан перестает бить на некоторое время.

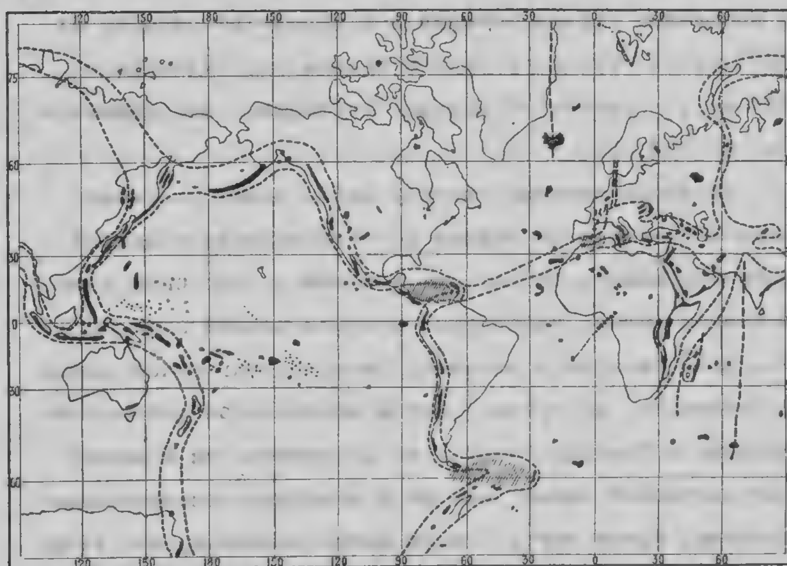
Гейзеры в большом числе находятся в Исландии, на западе Соединенных Штатов и в Н. Зеландии, где они были разрушены извержением 1886 г.

Горячие источники имеют температуру ниже 100° до обыкновенной. Иногда трудно отличить глубинные горячие источники от поверхностных, но минеральные источники вулканических областей относятся всегда к первой категории.

Географическое распределение вулканов.

Распределение вулканов на земной поверхности ставится в связь с вопросом о причинах вулканической деятельности и потому на него давно уже было обращено внимание.

фиг. 54



Распределение вулканов (по Огу).

Нынешние и неогеновые вулканы. ------ Граница геосинклиналей вторичной Эры. ——— Линии разломов. Массивы типа Средиз.-Морских овалов.

Число известных вулканов точно не установлено. Фуке считал всего 672 вулкана, из которых 270 действующих; более поздний подсчет дал 328 действующих, а Меркалли / Mercalli / насчитывает 415 та-

ких, которые проявили деятельность втечение исторического времени /А.Зупан. Основы Ф.Геогр. стр. 472/.

На карте /фиг. 54/ заимствованной у Ога, показано расположение вулканов, действующих ныне, и времен Неогена. При первом взгляде на нее бросается в глаза, что большинство вулканов расположено вблизи морских берегов или на островах. Раньше это считали непреложным правилом и предполагали, что главным возбудителем вулканических извержений является водяной пар, который получается от просачивания по трещинам морской воды к подземным очагам. Но позднейшие исследования обнаружили многочисленные исключения из этого правила. Так, многие вулканы Ю.Америки удалены от берега на 150 - 250 км., в Аризоне на 500 км., в северной Манджурии на 1000 км. /действовавшие в начале ХУIII века/; в восточной Африке - Кирунги к северу от оз.Киву на 1100 км. и Телеки у южного берега оз. Рудольфа на 750 км.; в восточной Персии Кох-тафдан, еще дымящийся, на 390 км.

Согласно другому взгляду магма может достигать земной поверхности только по существующим в земной коре трещинам и потому все вулканы должны быть расположены в местах наибольших изломов земной коры, т.е. на границах суши и океанов. Этому противоречат некки в Шотландии, диатремы в южной Африке и эмбриональные вулканы в Швабии, которые не приурочены ни к какой тактонической линии, так же и некоторые значительные вулканы. Кроме того, опыты Добре показали, что газы при высокой температуре способны пробуравливать горные породы, следовательно и магма может проложить себе выход на земную поверхность, не пользуясь существующими трещинами. Во всяком случае карта обнаруживает тесную связь между расположением вулканов и дислокациями в земной коре. На это указывает рядовое расположение как малых, так и больших вулканов;

в Исландии оно особенно часто. Иногда, правда, вулканы располагаются не на расколах, а во впадинах, окаймленных сбросами. Особенно много вулканов, приуроченных к продольным сбросовым трещинам.

Замечательно кольцо вулканов, обнимающее Тихий океан. На западной его окраине гирлянды островов, все имеют вулканический характер. На востоке вулканы рассеяны вдоль всего пояса нагорий тихоокеанского берега обоих Америк. На юге кольцо замыкается вулканами Земли Виктории и Земли Граама. Вулканы, входящие в это кольцо, расположены в области Тихоокеанской геосинклинали вторичной эры и следовательно можно сказать, что они находятся в областях, подвергшихся складчатости в третичном периоде. Из 415 вулканов, упомянутых выше, в Тихоокеанское кольцо входят 300 и 37 разбросаны внутри его. Не надо, конечно, думать, что все вулканы одной области, хотя бы напр. Ю.Америки, находятся на одной и той же трещине. Тут вероятно существует несколько трещин параллельных простиранию горной цепи и кроме того много поперечных.

Складки во многих местах окружают области древних массивов, которые после образования складок, часто оседали, что сопровождалось вулканическими извержениями. Такого происхождения вулканы, связанные с оседаниями по средиземноморским овалам. Они распространены в западной части Средиземного моря, в Карпатах, на Антильских островах.

Некоторые вулканы находятся в местах перегиба горных цепей, напр. в следующих областях: Центральное Плато Франции, Христиания, Малая Азия, Персия, Индия, Япония.

Встречаются и такие вулканы, которые не связаны видимо с областями недавней складчатости; предполагают, что они соответствуют линиям больших расколов, по которым произошло оседание континентальных площа-

дей. Эти линии отмечены на карте и потому перечислять их здесь не будем, но среди них есть одна, особенно останавливающая на себе внимание. Это величайшая на земле Сирийско Африканская зона сбросов, которая тянется от северной Сирии до озера Ньясса, занимая около 60° по широте. Ее северная часть - сирийская сбросовая впадина включает долину Иордана, Мертвое море, Акабский залив и Красное море; она соединяется с Эритрейской, которую составляют Суэцкий залив, Красное море и впадина к востоку от Абиссинии. Дальше к югу идет Эфиопский грабен. Вдоль этих впадин расположено много потухших, а также и действующих вулканов, которые особенно многочисленны в южной части зоны; здесь находятся огромные вулканы Кения и Килиманджаро.

Сопоставляя все данные о распределении вулканов, надо придти к заключению, что области проявления вулканической деятельности находятся в тесной связи с областями складчатости вероятно потому, что расположение этих последних в свою очередь связано с областями оседания земной коры и с расколами ее; поэтому то, вулканы и находятся часто на берегах океанов и морей.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что Тихий океан является областью, в которой вулканическая деятельность современной эпохи проявляется наиболее сильно, тогда как в Атлантическом океане она развита гораздо слабее. Относительно первого в этом видят подтверждение того взгляда, по которому Тихий океан образовался не в столь отдаленные геологические периоды на месте опустившегося континента; по его окраинам на местах расколов и нашла себе выход магма. Атлантический океан сравнительно беден вулканами потому, что его берега лишь в немногих местах подверглись складчатости в недавние периоды и вероятно потому в них нет расколов.

Причины вулканических извержений.

Вопрос о причинах вулканических явлений должен быть расчленен на два: о происхождении продуктов вулканических извержений и о природе сил, заставляющих эти продукты подниматься на поверхность Земли.

Ответ на первый вопрос, о происхождении лавы, связан с нашими представлениями о внутреннем строении земного шара. Большинство гипотез сходится в том, что под твердою корою находится слой жидкого расплавленного вещества- магмы и лава, изливаемая вулканами, поднимается именно из этого слоя. Но некоторые ученые возражали против такого предположения. Одним казалось трудно допустить постоянное сообщение поверхности Земли со слоем магмы, как это надо принять для постоянно действующих вулканов; другие находили масштаб наблюдаемых извержений не соответствующим мощным размерам огненно жидкого слоя; третьим казалось невозможным согласовать гипотезу о существовании единого магматического слоя с тем, что разные, иногда даже соседние, вулканы извергают лавы различного состава. На основании всех этих соображений возникло предположение о существовании в самой толще твердой земной коры отдельных очагов лавы, из которых она и находит себе выход наружу.

Штюбель / Stübel / объяснял их существование таким образом. Сначала земной шар покрылся вследствие охлаждения твердой корой. Но она была еще не прочна; поэтому часто во многих местах прорывалось магмой, которая, выйдя наружу , разливалась на обширные пространства и с течением времени образовала сверх первоначальной твердой коры вторую чрезвычайной мощности, которую он назвал панцирем. Под действием внешних агентов этот панцырь постепенно разрушался с поверхности и из материалов его разрушения отложились сверх него осадочные породы, нижние слои которых впоследствии метаморфизовались. Так сложилась современная

твердая кора Земли, состоящая по направлению сверху вниз из: осадочных пород, метаморфических, панциря и первичной твердой коры. При застывании огромных толщ панциря в нем сохранились местами периферические очаги, сохраняющие расплавленную магму в течение всех геологических периодов. В тех областях Земли, под которыми находятся застывшие очаги, вулканы потухли.

Те, которые не допускают существования магматического слоя и считают всю внутреннюю массу Земли твердой, полагают / Рейер -E.Reyer/, что каменные массы внутри Земли имеют очень высокую температуру и не расплавляются только потому, что этому препятствует огромное давление. Но как только в каком нибудь месте образуется трещина, давление на массы понижается, они сразу переходят в расплавленное состояние и изливаются по трещинам на поверхность.

Все перечисленные возражения можно устранить и при гипотезе о едином магматическом слое. Изверженные породы однородны по своему химическому составу с глубинными - гранитовидными и потому надо их считать происшедшими от расплавления глубинных масс. Это плавление должно происходить при опускании дна геосинклиналей на сравнительно небольшой глубине, так как гранит плавится при 1200^0, и таким образом непрерывно возобновляется запас магмы под твердой земной корой. При появлении в земной коре расколов, происходят внезапные опускания отдельных участков и тогда породы, лежащие на глубине, сразу могут перейти в расплавленное состояние.

Если такой взгляд верен, то легко объяснить и однородность химического состава лав, изливаемых разными вулканами в одном месте, и наоборот их различие в разных местах, которое очевидно будет происходить вследствие различия пород, переходящих в расплавленное состояние

Перейдем теперь к происхождению газообразных продуктов извержения; этот вопрос приходится рассматривать отчасти в связи с природой сил, поднимающих извергаемые вещества на поверхность.

Первоначально предполагали, что пары воды и газы, извергаемые вулканами, внешнего происхождения. Морская вода проникает глубоко внутрь Земли по трещинам, находящимся вблизи берегов, и приходит в соприкосновение с расплавленной магмой. От этого происходит быстрое превращение ее в пар при высокой температуре и, следовательно, взрывы, выбрасывающие газы и лавы на поверхность.

Эта гипотеза давно уже оставлена, так как она встретила многочисленные возражения, Она была правдоподобна, когда думали, что все вулканы находятся в непосредственном соседстве с морем, но мы видели, что многие находятся довольно далеко от него и надо было бы допустить существование трещин в сотни километров длиною, от океанов до вулканических очагов. Затем морская вода должна просачиваться по существующим трещинам постоянно; деятельность же вулканов имеет перемежающийся характер. Кроме того, вода должна была бы просачиваясь, преодолевать огромные давления, а повышение температуры по мере углубления заставило бы ее хотя и медленно, но всю испариться ранее соприкосновения с магмой. Наконец, морская вода доставила бы пары чистой воды и газы, главным образом, в виде хлористых соединений, тогда как вулканы выбрасывают и другие газообразные продукты в большом количестве.

[Аррениус, поддерживая гипотезу о просачивании морской воды, указывает на химическое ее действие. Вода при температуре выше 300^{0} и давлении более 200 атмосфер /что соответствует 740 м. столба лавы/ восстанавливает кремневую кислоту, а по мере уменьшения давления при подъеме лавы в канале, действует обратно,

почему объем магмы сначала увеличивается. При выделении воды образуются пары, которые и подпимают лаву в канале. Это объясняет спокойное излияние лавы при широком жерле: магма легче охлаждается и потому давление паров уменьшается.]

Позднее появилось предположение, что пары происходят вследствие проникновения в глубину не морской воды, а поверхностной - метеорного происхождения, но эта гипотеза встречает все теже возражения, за исключением первого,

Во всяком случае проникновение воды сверху не может объяснить происхождение всех извержений, так как многие вулканы изливают лаву спокойно без всяких взрывов; некоторые думают, что обращение воды в пар может вызвать взрывы, предшествующие излиянию магмы, но не самое излияние.

Тогда возникла гипотеза /Чермак/ что газы и пар, выделяемые при извержениях, являются первоначальными составными частями магмы, которая поглотила их еще в то время, когда Земля находилась в расплавленном состоянии. По этой гипотезе вода и газы, заключенные в магме, никогда не были на поверхности твердой земной коры, они освобождаются из магмы только при посредстве вулканических явлений и потому называются ювенильными. Выделяясь в атмосферу, ювенильная вода затем переходит из нее в воды, циркулирующие на поверхности и в источниках, запас которых таким образом отчасти пополняется. Обратного перехода никогда не бывает, но поверхностная вода расходуется на образование гидратов в породах, слагающих твердую кору; процесс этот постепенно распространяется все глубже и в конце концов вся поверхностная вода может быть израсходована, что следовательно замедляется вулканической деятельностью.

Теперь установлено, что многие минералы, распространенные в породах, слагающих земную кору, заключают в себе воду как составную часть. При их плавлении эта вода выделяется в количестве совершенно достаточном, чтобы объяснить происхождение паров при вулканических явлениях. А. Готье / Armand Gautier / накаливал в пустоте высушенные предварительно горные породы до температуры красного каления и определял количество выделяемых ими паров и газов. Эти опыты привели к такому результату: I куб. км. гранита дает более 26000000 куб. м. воды и около 7.000.000.000 куб. м. газов, приведенных к температуре 15°; чтобы получить объем, соответствующий температуре красного каления, эти числа надо утроить. Это количество в четыре раза превосходит количество паров выделенных Этной за все извержение 1865 года.

Выделяемые при нагревании пород газы, те же самые, которые выделяются фумароллами, но они не являются непосредственно составными частями минералов, а выделяются вследствие различных реакций, происходящих при нагревании пород.

Следовательно и газообразные продукты извержений того же происхождения, как и лава. Они выделяются вследствие нагревания при опускании нижних слоев геосинклиналей.

Однако опыты не дали указания откуда появляются в вулканических продуктах хлористые соединения; предполагают, что они происходят из слоя расплавленной магмы.

Теперь рассмотрим последний намеченный вопрос: какие причины заставляют подниматься продукты извержения.

Медленное опускание дна геосинклиналей вызывает медленное же поднятие газов, выделяемых вследствие происходящего при этом нагревания. Этим объясняется

выделение газов вулканами в стадии покоя и выход горячих ключей.

Извержения Гавайского типа, т.е. спокойное без взрывов излияние лавы, являются следствием гидростатического давления при оседании частей земной коры. Мы видели уже, что ряды вулканов совпадают с зонами оседания. Этой же причиной объясняется и образование лакколитов.

Извержения, сопровождающиеся взрывами, выделением громадного количества паров воды и газов и выбрасыванием потоков лавы, должны быть приписаны провалам или быстрым оседаниям участков земной коры вдоль расколов. Лава при этом или поднимается по существующим уже трещинам, или же газы сами пробуравливают выход для лавы.

Таково принятое теперь объяснение природы вулканических сил, но в виду того, что и оно представляет собою только гипотезу, мы приведем и другие взгляды.

Штюбель также считает первоначальной причиной вулканических извержений охлаждение земного шара, сопровождающееся уменьшением его объема, но механизм поднятия лавы он объясняет свойством лавы увеличивать свой объем при переходе из жидкого состояния в твердое под большим давлением. Такой переход происходит по его мнению в самом подземном очаге лавы вследствие продолжающегося охлаждения Земли; часть лавы затвердевает, расширяется и потому давит на остальную еще жидкую массу, которая и ищет себе выхода. До сих пор еще не удалось установить действительно ли лава обладает такой способностью, как думает Штюбель, но опыты Таммана / Tamman / показали, что многие тела имеют это свойство.

Брэн / Brun / тщательно исследовал газы, выделяемые вулканами при извержениях, и пришел к заключению, что водяные пары совсем не играют большой роли в этом явлении, а должны считаться случайными спутниками извержения. Они появляются вероятно из верхних слоев земной коры, нагреваемых поднимающейся лавой, и потому то их выделение пред-

ствует появлению лавы, а затем прекращается. При извержении выделяются не пары воды, а различные газы, главным образом, хлористые соединения, которые и производят взрывы. Из них же образуются и облака над вулканами. Брэн различает следующие фазы извержения:

1/ От 100^0- 825^0 - испарение метеорной воды.

2/ При 825^0 - появление хлористых паров /дым из вулкана/

3/ От 825^0- 1200^0 - явление взрывов.

4/ 1100^0 - средняя температура текущей лавы.

Исследования Брэна подтвердили, что газы выделяются из лав при нагревании вследствие химических реакций.

Левль / Löwl / высказывает мнение, что внутри магмы местами развивается теплота вследствие временных физических или химических процессов и лучи тепла расплавляют канал для выхода магмы.

Упомянем еще о предположении Деттона / Dutton /, что местное расплавление пород может происходить вследствие радиоактивных процессов.

Гипотеза Дэли./ Daly / Все вулканические явления Дэли считает следствием глубинных инъекций магмы, происходящих по трещинам в земной коре.

Для объяснения причин образования глубинных трещин он исходит из общепризнанного положения, что земной шар сокращается в объеме. Это сокращение или „стяжение" земного шара происходит от нескольких причин. Одна из них - потеря тепла. Другая - продолжающаяся медленная перегруппировка веществ, слагающих Землю, для образования соединений, устойчивых при высоком давлении в недрах Земли; при этом объем сокращается, а температура повышается. Третья возможная причина - это существование нескольких полиморфных форм у многих веществ в зависимости от давления и температуры. Переход из одной формы в другую сопровождается изменением объема. Четвертая причина заключается в динамическом метаморфизме происходящем вследствие давле-

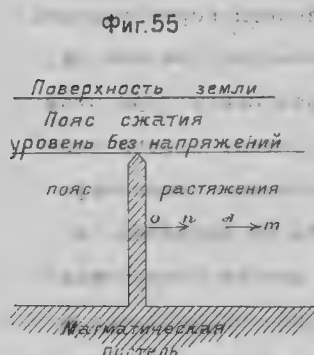
ния выше лежащих пород; при этом увеличивается плотность породы и уменьшается объем.

При сокращении объема земного шара его поверхностный слой претерпевает сжатие во всяком случае, находится ли вся Земля в твердом состоянии или она имеет лишь твердую кору сверх расплавленно-жидкой магмы. Ниже этого пояса сжатия должна существовать зона, лишенная напряжений. Были сделаны попытки определить глубину ея и можно принять, что она находится внутри твердой коры. Глубже зоны без напряжений должен лежать пояс растяжения.

Во внешнем поясе происходит вековое накопление сжимающих усилий, которое в конце концов приводит к образованию складок. Надо думать, что и в поясе растяжений веками накапливаются усилия, производящие трещины в глубоких слоях земной коры, в которые с громадной силой внедряется находящаяся глубже сжатая упругая жидкость. Этому способствуют приливообразующие силы, под влиянием которых магма прокладывает себе путь кверху вплоть до верхней границы пояса растяжения. Таким образом возникают интрузии в форме громадных дейк, из которых некоторые могут даже достигать головами земной поверхности. Некоторые наблюдения указывают, что сила поднятия магмы приблизительно такого же порядка, как и вес земной коры.

Всякая частица А /фиг.55/, находящаяся в поясе растяжения, под влиянием веса вышележащих пород стремится сдвинуться безразлично в каком нибудь горизонтальном направлении. Но как только в твердую кору внедрится клин магмы, он произведет на стенки давление, напр. o n , которым определит направление смещения части-

Фиг.55



цы А именно A → m; в этом направлении сдвинется не только А, но и все частицы, лежащие по ту же сторону клина, в некотором пространстве, зависящем от ослабления накопленных растягивающих усилий и закрытия трещин. По другую сторону клина частицы будут сдвигаться в противоположном направлении. Клин расширяется. Так будет продолжаться, пока растягивающие усилия не ослабеют и трещины не закроются.

Ряд значительных инъекций должен вызвать прогиб земной поверхности и даже образование геосинклинали /фиг.56/. Накопление в ней осадков еще увеличивает

Фиг. 56



вес верхней части коры и способствует совершающемуся процессу. Это Дэли подтверждает, приводя примеры, указывающие, что области осадков в геосинклиналях отмечены одновременным развитием вулканических явлений.

При возникновении геосинклиналей зона сжатия ослабевает; от накопления в них осадков изогеотермы поднимаются, вещество их легче уступает сжатию и начинается образование складок. При образовании гор происходит сдвиг пояса сжатия по поясу растяжения, их взаимная связь нарушается, а потому прочность уменьшается. Вместе с тем происходят сбросы и раздробление некоторых поясов, отчего выдавливаются вверх новые массы магмы и образуются так называемые батолиты, т.е. интрузивные большие тела, сообщающиеся с магматической постелью не узким каналом, а широким основанием. По этой гипотезе под корнями горных систем должны находиться батолиты. /фиг. 57/.

Ослабление прочности пояса сжатия при горообразовании должно вызывать вслед за этим процессом усиление вулканической деятельности, что многократно и случалось в течение различных геологических периодов.

Фиг. 57



В батолитах вследствие давления магмы при высокой температуре происходит разрушение, как боковых пород, так и кровли, которая часто обрушивается. Отделившиеся массы пород /ксенолиты/ медленно погружаются в магму, причем происходит ассимиляция- растворение их; отдельные массы магмы изменяют свой состав, но кроме того в магме происходит еще и дифференциация, т.е. разделение магмы на части, различные по химическому составу. Это происходит или путем ликвации, т.е. свойства жидких растворов расщепляться на несколько жидких фаз, или путем частичной кристаллизации, т.е. выделения некоторых типов твердых кристаллов. Ассимиляция и дифференциация могут объяснить все разнообразие вулканических пород.

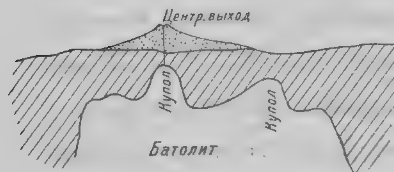
И так, Дэли видит причину глубинных инъекций в сжатии земного шара и в существовании под твердой земной корой расплавленной базальтовой постели, настолько сжатой весом коры, что последняя „вероятно, может на ней плавать". Затем он рассматривает самый механизм вулканических очагов.

При инъекциях магма поднимается с глубины не менее 40 км. почти до поверхности Земли, вследствие чего давление на нее уменьшается на 10000 атмосфер.

Поэтому магма должна расширяться на I,5 - 6 о/о. Это одно может повлечь за собою образование трещин в поясе сжатия, излияние лавы на поверхность и образование лакколитов. Но кроме того, по той же самой причине ювенильные газы /водород, сернистый газ, окись углерода, углекислота, хлор, азот и др./, т.е. такие, которые заключены в магме изначала и никогда не были на земной поверхности, образуют пузыри, поднимающиеся к верху и стремятся насытить верхние части магмы. Кроме ювенильных газов в магме находятся еще освобожданые газы, которые поглощены ею из боковых пород. Те и другие можно назвать магматическими.

Если инъекция сообщается трещиной с земной поверхностью, то лава изливается, причем даже тонкие трещины расширяются вследствие расплавления стенок и путем "газового плавления". Если выход не достаточно свободен, в нижней части трещины скопляются газы и может произойти взрыв, освобождающий проход. Наконец, и без трещины и без взрыва вследствие более сильного воздействия магмы в отдельных точках над батолитом образуются купола в кровле его, в которых давление газов оказывается наибольшим и крыша над ними может быть расплавлена, если не взорвана, - образуется вулкан /фиг. 58/.

Фиг.58



Деятельность вулкана продолжается, пока лава в жерле остается жидкой. Необходимое для этого тепло поддерживается особым видом конвекции /двухфазной/, а также экзотермическими реакциями между скопляющимися в жерле газами и жидкими частями магмы. Жерло является вулканической печью. Лава, лишаясь газовых

пузырей на поверхности, делается тяжелее и охлажденная опускается на некоторую глубину. Вследствие этого охлаждение в конце концов берет верх, лава в верхней части жерла застывает, образуется закупоривающий клин. Однако под ним продолжается работа вулканической печи, он постепенно расплавляется снизу, под ним скопляются газы, следует взрыв, выбрасывающий пробку, и деятельность вулкана возобновляется.

Для продолжения деятельности вулкана Доли считает единственно необходимым процессом в центральном очаге спокойное выделение газов; ни взрывы, ни излияния лавы, ни соприкосновение метеорной или морской воды с горячей лавой не обязательны. Все эти явления - лишь следствия выделения газов из глубинной иньекции.

Излияния лав происходят вследствие изменений магматической камеры, взрывов и от увеличения объема магмы, благодаря ассимиляции боковых пород и нагреванию в жерле. Лавовые потоки отличаются своим незначительным объемом: только один из современных потоков, излившийся из Этны в 1669 г., достигает 1 куб. км., обыкновенно же они меньше $\frac{1}{4}$ куб.км. Это справедливо и для древних периодов, за исключением немногих, для которых Тороддсен / Thoroddsen / вычислил 43 и 23 куб.км., да еще извержение Скаптар - Иокулль в Исландии дало 12 куб.км.. Из этого надо заключить, что подъемная сила в вулканах не велика или очень кратковременна.

Все вулканические очаги Доли делит на главные и второстепенные. Главные очаги представляют собою непосредственно ответвление главных глубинных иньекций-батолитов, поднимающихся прямо от первичной постели. Второстепенные очаги образуются на второстепенных же иньекциях: лакколитах, штоках, горбах, которые скоро утрачивают связь с главными. Но если второстепенные очаги достаточно велики, то их тепловая энергия может открыть себе выход. Признаками главных очагов служат: продолжительная энергичная деятельность, сравнительно

большие потоки лавы и самое расположение вулканов рядами. Второстепенные очаги характеризуются кратковременной деятельностью, незначительными излияниями лавы или отсутствием их, кучевым расположением и следами поверхностных деформаций. Конечно, резких признаков такого разграничения нет. Примерами второстепенных очагов Дэли считает Килауэа, Хроссаборг в Исландии, маары-эмбриональные вулканы Швабии, нэкки Шотландии, диатремы Капской области, 45 кратеров, образовавшихся близ вулкана Узу-сан в Японии и др.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ.

Землетрясениями называются естественные сотрясения земной коры, происходящие вследствие нарушения равновесия внутренних слоев земли.

Наука о землетрясениях называется сейсмологией.

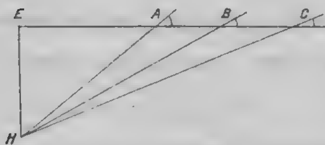
То место внутри земли, где произошло первоначально нарушение равновесия слоев, называют очагом землетрясения или гипоцентром. Здесь возникают упругие колебания, которые распространяются во все стороны и быстрее всего достигают поверхности земли в ближайшей точке, или точнее, области, называемой эпицентром. В эпицентре наблюдаются наиболее сильные проявления землетрясения, тут оно наиболее разрушительно. Вокруг эпицентра располагаются пояса, до которых сотрясения доходят все позже и позже, а разрушения становятся меньше. Линии, соединяющие места, подвергающиеся одновременно сотрясению, называются - гомосейсты /или косейсты/, а линии равной интенсивности сотрясений - изосейсты.

Если бы эпицентр представлял собою точку и земная кора была однородна, то изосейсты и гомосейсты были бы концентрическими окружностями. На самом деле форма эпицентральной области зависит от формы и размеров очага и бывает часто эллиптической, а иногда эпицентр вытянут в линию. Форма эпицентра определяется плейстосейстами, т.е. линиями, объединяющими места наибольшей ин-

тенсивности землетрясения.

В эпицентре сотрясение чувствуется, как вертикальный толчок, исходящий из глубины; с увеличением расстояния от эпицентра углы выхода сейсмических лучей становятся все меньше и наконец на достаточно большом расстоянии чувствуются лишь горизонтальные толчки /фиг. 59/, сила которых уменьшается.

Фиг. 59



О направлении толчка иногда бывает возможно судить по направлению, в котором упали вертикальные предметы, но это зависит от многих обстоятельств и случалось, что колонны одного и того же здания падали в разные стороны.

При землетрясениях наблюдается иногда и вращательное движение частей земной поверхности, заставляющее нижние части некоторых сооружений повернутся относительно верхних. Некоторые объясняют это тангенциальным направлением толчка, но образование воронкообразных углублений почвы в Rowmari во время Ассамского землетрясения не оставляет сомнения в причине их происхождения.

Существование вращений около горизонтальной оси, выражающихся наклоном участка поверхности, видно из образования как бы застывших волн, на одной из улиц Сан- Франциско в 1906 г.

Насколько сложны бывают колебания поверхностной частицы при землетрясениях можно судить по модели, сделанной Сейкеи Секиия, / Sekiya / воспроизводящей движение точки во время землетрясения в Токио в 1887 г. От направления максимального размаха зависит сохранение вцелости некоторых фасадов зданий.

Макросейсмические явления.

Сейсмические колебания почвы разделяют на два рода: макросейсмические и микросейсмические. Первые настолько значительны, что они ощущаются людьми непосредственно, вторые же могут быть обнаружены лишь при помощи специальных приборов.

Макросейсмические явления наблюдаются вблизи эпицентра и зону их распространения часто называют плейстосейстовою. Колебания в этой зоне до сих пор не изучались точными приборами, главным образом, потому, что самые приборы повреждались землетрясениями, хотя повидимому непреодолимых препятствий для устройства соответствующих приборов нет; поэтому ни направления смещений почвы, ни величина их, ни наибольшие ускорения движений точно не определены. Об интенсивности макросейсмических явлений и до сих пор судят на основании субъективных впечатлений, пользуясь для этого той или иной шкалой, отчасти основанной на некоторых внешних явлениях.

Для того, чтобы изучить землетрясение в плейстосейстовой зоне надо собрать сведения о времени начала его, продолжительности, о числе и характере сотрясений, о направлении и силе ударов, о повреждениях, о подземном гуле, об атмосферных явлениях и вообще о всех других, сопровождающих землетрясение. По этим сведениям можно начертить гомосейсты, а также изосейсты и определить область эпицентра. Для определения глубины очага надежных способов до сих пор не существует.

Мы упомянули о подземном гуле; он часто сопровождает землетрясения и напоминает отдаленный гром или гул орудий; его бывает слышно в зоне наибольших разрушений или несколько в стороне от нее в зависимости от ветра.

Микросейсмические колебания измеряются сейсмо-

метрами, приборами, достигшими высокой точности, при помощи которых можно определить истинные движения точки земной поверхности. Современная сейсмометрия это точная наука, являющаяся отделом математической физики и основывающаяся на положениях теории упругости. Раньше, чем изучать микросейсмические колебания надо рассмотреть некоторые из этих положений.

Сейсмические волны.

При внезапном нарушении равновесия слоев внутри земной коры, здесь, в очаге землетрясения, возникает толчок и отсюда в земле, как в твердом упругом теле, распространяются по всем направлениям независимо друг от друга два различных рода колебаний: волны продольные и волны поперечные. В продольных волнах движения или колебания частиц совпадают с направлением распространения волн, поэтому продольные волны суть волны сгущения и разрежения материи.

В поперечных волнах направление колебаний частиц перпендикулярно к направлению распространения волн, поэтому они суть волны сдвига.

Когда сейсмические колебания достигают поверхности земли, то в поверхностных слоях возникает третий род волн - волны поверхностные. Они совершенно аналогичны тем волнам, которые распространяются по поверхности спокойной воды после падения камня. Поверхностные волны в сущности также поперечные; но они отличаются сравнительно большим периодом, а следовательно и большой длиной, почему их называют также длинными волнами.

Все три рода волн имеют различную скорость. Наибольшей скоростью V_1 обладают продольные волны, скорость поперечных V_2 меньше, еще меньше скорость V волн поверхностных. Для большинства однородных, изотропных тел /для которых модуль поперечного сжатия равен $\frac{1}{4}$/ отношение $\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{3}$, а $V = 0,9194\ V_2$.

В теле земли упругость и плотность изменяются с глубиной, поэтому соотношения между величинами скоростей волн должны быть другие. Величины скоростей могут быть получены из наблюдений. Для этого надо заметить моменты прихода соответствующих волн в места наблюдений и знать момент начала землетрясения в эпицентре. Если очаг лежит не глубоко и станция не слишком удалена, то скорости продольных и поперечных волн получатся соответствующими верхним слоям Земли. Цепприц / Zöppritz / и Гейгер / Geiger / из многих наблюдений определили для самых верхних слоев земли:

$$V_1 = 7,17 \text{ км.}; \quad V_2 = 4,01 \text{ км.}, \quad \frac{V_1}{V_2} = 1,788.$$

С увеличением расстояния места наблюдения от эпицентра величины скоростей также увеличиваются.

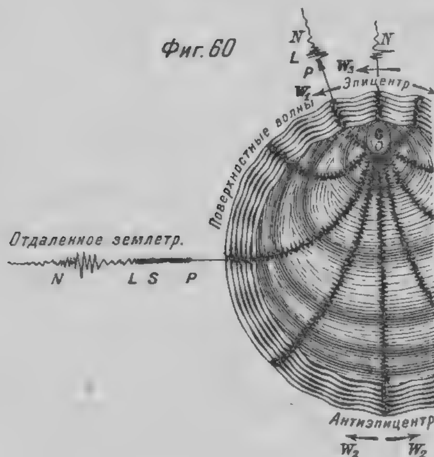
Определение скорости поверхностных волн легко делается при помощи двух станций, но может быть выполнено и по наблюдениям одной станции, снабженной достаточно чувствительным сейсмографом. Из таких наблюдений Б.Б.Голицын получил $V = 3,53$ км., тогда как для однородного тела она была бы :

$V = 0,9194 \times 4,01 = 3,69$ км. Далее оказывается, что скорость V не зависит от расстояния и в среднем может считаться постоянной.

Продольные сейсмические волны огибают весь земной шар в 3 ч. 8 м. 51 с. Период их по Вихерту/Wiechert/ около 18^{c}, а потому длина их $\lambda = VT = 63$ км.

В действительности сейсмические волны при всяком землетрясении должны представлять гораздо более сложный комплекс, чем только что описанный, уже потому, что при переходе из одного слоя земли, характеризуемого известной плотностью и упругостью, в другой должно происходить преломление и отражение сейсмических лучей, подобно тому, как это происходит со световыми лучами. Под сейсмическим лучем

понимают нормаль в данной точке к соответствующему элементу поверхности сейсмической волны. Но световые явления представляют собою результат лишь поперечных упругих колебаний, тогда как сейсмические - и поперечных и продольных, поэтому для последних обстоятельства будут гораздо сложнее помимо возникновения поверхностных волн на границе двух слоев будут возникать четыре волны, - две отраженных и две преломленных, или иначе - две продольных и две поперечных.



Сейсмический луч, переходя из одного земного слоя в другой, искривляется и идет по линии, обращенной выпуклостью к центру земли, так как плотность слоев по направлению к центру земли увеличивается Поэтому поверхности гомосейст должны быть не шаровыми, расположенными вокруг эпицентра концентрически, а эксцентрическими и неправильными, как это видно на фиг. 60.

Сейсмографы.

Основная задача сейсмометрии заключается в исследовании истинного движения точки земной поверхности во время землетрясения. Легко показать, что такая точка может иметь шесть различных движений: три смещения параллельных трем прямоугольным осям координат и три вращения около тех же осей. Для изучения их надо было бы иметь шесть различных приборов. Но в

таком общем виде задача слишком сложна и в настоящее время сейсмометрия пренебрегает вращениями, как очень малыми, а изучает лишь три смещения и то ограничиваясь лишь движениями, имеющими характер гармонических колебаний /явно выраженный синусоидальный/.

Для решения задачи в таком виде надо иметь три сейсмографа, устроенных так, чтобы один записывал составляющую движения по меридиану, другой - по параллели, а третий - вертикальную.

Теория сейсмометров была развита Вихертом, Голицыным и др. Основой этих приборов служит маятник, по наблюдаемым отклонениям которого от вертикальной линии во время землетрясения можно найти истинное смещение почвы.

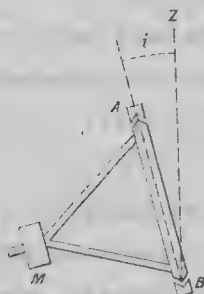
Обыкновенные вертикальные маятники, которые могут колебаться по всевозможным направлениям, не употребляются в сейсмометрии так как записи их чрезвычайно запутаны. Мало применяются и те вертикальные маятники, движения которых разлагаются на два направления, или которые могут колебаться лишь в одной плоскости, потому что для увеличения их чувствительности надо увеличить период их колебаний, а для этого приходится увеличивать длину маятника и делать прибор громоздким и неудобным . Существуют вертикальные маятники Вичентини / Vicentini /, Вихерта /в Геттингене он весит 17 тонн/ и длинный маятник Канкани / Cancani /.

Гораздо более распространены горизонтальные маятники, которые очень чувствительны, благодаря большому периоду их собственных колебаний. Ось их вращения почти вертикальна, а способ подвешивания бывает различен.

Ось вращения маятника упирается двумя остриями А и В в гнезда /фиг. 61/. Маятник находится в равновесии при самом низком положении центра тяжести подвижной части прибора и колеблется почти в горизонталь-

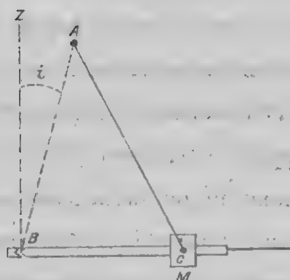
ной плоскости. Чем меньше угол i, тем больше период маятника. К грузу М приделывается штифт, который записывает движения прибора на вращающемся барабане, или же укрепляется около оси вращения плоское зеркало для оптической регистрации. Такие маятники с двумя остриями применялись Ребер Пашвицем / Rebeur-Paschwitz / и Геккером. Их недостатки заключаются в быстром притуплении концов оси, уменьшающем чувствительность, и в зависимости периода от амплитуды качаний. Эти маятники делаются легкими.

Фиг. 61

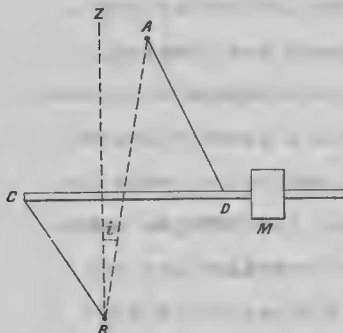


Другой тип горизонтального маятника с одним упорным острием предложен Омори / Omori / Стержень его упирается острием В /фиг. 62/ в неподвижное гнездо, а другой конец стержня поддерживается двумя проволоками, закрепленными по обоим сторонам груза М в С, а другими концами в точке А. Эти маятники известны под названием маятников Боша, механика, их изготовлявшего. Груз в них делается на столько значительный, что позволяет без вреда для чувствительности применять механическую регистрацию. Период колебаний этих маятников почти не зависит от амплитуды. Острие их также быстро притупляется. Голицын и Майнка /Mainka/ удачно заменили упорные штифты тонкими пружинками.

Фиг. 62



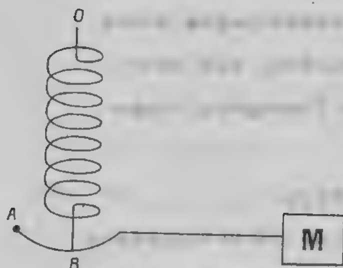
Маятники Целльнера / Zöllner / представляют третий тип, В них трение наименьшее и потому чувствительность наибольшая. В этом маятнике подвижная часть поддерживается проволокой AD, /фиг. 63/, а другая проволока BC приводит стержень в горизонтальное положение. Они делаются и легкими, и тяжелыми.



Фиг.63

Употребляется еще для записи горизонтальных смещений почвы астатический маятник Вихерта, представляющий собою опрокинутый вертикальный маятник, ось которого упирается при помощи особого приспособления в неподвижную подставку, а вершина поддерживается с четырех сторон пружинами.

Вертикальные сейсмографы регистрируют вертикальные смещения почвы. Они основаны на применении пружин и представляют собою груз, подвешенный или непосредственно к вертикальной пружине или же укрепленный на рычаге, который поддерживается пружиной /фиг.64/ Другого рода вертикальный сейсмограф



Фиг.64

Вичентини. В нем груз укреплен на конце плоской почти горизонтальной стальной пружины, другой ко-

нец которой неподвижен.

Запись истинного движения частицы земной поверхности сейсмографом искажается собственными колебаниями маятника, что может быть устранено только приданием маятнику очень большого периода качаний сравнительно с периодами сейсмических волн. Но влияние собственных качаний маятника может быть совершенно обезврежено, если прибор снабдить приспособлением для затухания этих колебаний. При затухании гармоническое собственное движение маятника превращается в синусоидальное с быстро убывающими амплитудами. Еще лучше, если достигается апериодическое движение, при котором маятник, отклоненный до максимума, не перейдет при обратном движении за ось времен, но будет к ней приближаться асимптотически.

Затухание делается воздушным или жидким, но гораздо лучше предложенное Голицыным магнитное или электро-магнитное. Для достижения его к стержню горизонтального маятника прикрепляют медную пластинку, конец которой при колебаниях перемещается между разнородными полюсами двух неподвижных подковообразных магнитов. При движении в пластинке индуцируются токи Фуко, задерживающие движение, - этим и достигается затухание.

Запись сейсмических движений сейсмографом может быть осуществлена механическим способом, или оптическим, а лучше всего предложенным Голицыным гальванометрическим.

Микросейсмические явления.

Микросейсмические колебания почвы регистрируются сейсмографами. С тех пор как стали применять приборы высокой чувствительности обнаружилось, что волнообразные колебания почти всегда распространяются в земной коре. Большая часть их происходит от отдаленных землетрясений. Сейсмографы первоклассных сейсмических станций отмечают каждое сколько нибудь значительное земле-

трясение в какой бы отдаленной области земного шара оно не произошло. Приборы Пулковской станции могут отмечать движения почвы до 0,I микрона, т.е. 0.000Iм.м. и отчетливо отмечают землетрясения Камчатки, Новой Гвинеи, Калифорнии, Ю.Америки и др. Таким образом, явилась возможность из одного места следить за тем, что совершается в мире сейсмических явлений на всем земном шаре. Оказалось, что землетрясения представляют собою обычное явление: за 1910 год Пулково отметило 372 больших и малых землетрясения.

Кроме колебаний, вызываемых землетрясениями, в земной коре наблюдаются совершенно особые, замечательно правильные, ритмичные пульсации, как будто земля дышет. Они наблюдаются всюду и их называют микросейсмическими колебаниями I-го рода. Иногда эти колебания продолжаются несколько часов, иногда несколько дней; осенью и зимой редки дни, когда их не бывает, весной и особенно летом они гораздо реже. Они имеют вид синусоидальных с периодом по большей части от 4 до 8 секунд. Абсолютная величина смещения почвы при этих колебаниях равна нескольким тысячным миллиметра.

Причина микросейсмических колебаний I рода еще мало выяснена.

Постоянство их периода в различных местах земного шара заставляет предполагать, что это собственный период каких то колебаний земной коры. Причин такого дрожания может быть несколько. Возможно, что это колебания, оставшиеся после прохода сейсмических волн землетрясения. Может быть это сильный ветер, дующий в какой то области, особенно, встречая на своем пути препятствия, производит колебания. Только не ветер в месте наблюдения, так как, часто эти колебания бывают велики при тихой погоде. Прибой может вызывать такое же действие, а также и перемещения масс при

приливах и отливах. Резкое изменение давления воздуха должно быть также связано с рассматриваемым явлением, так как изменению высоты барометра на 10 м.м. соответствует изменение давления на 1 кв. метр в $\frac{1\times 13,6\times 10000}{1000}=136$ кгр.

Часто сейсмографы обнаруживают другой тип колебаний, совершенно отличающийся от вышеописанного. Это микросейсмические колебания II рода. Они далеко не так правильны и имеют значительно больший период, притом сильно колеблющийся; в среднем он около 30 секунд. Эти колебания местного происхождения и зависят от действия ветра, главным образом, на ближайшие здания, движение которых передается почве.

Наблюдаются еще микросейсмические колебания III рода, отличающиеся от первых двух еще более длинным периодом, до 1 - 2 минут и более. Причина их не выяснена. Может быть она кроется во внешних температурных изменениях, но может быть и в чем нибудь ином.

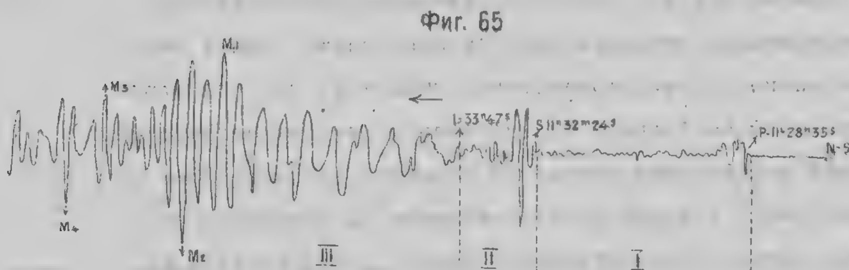
Сейсмограммы.

Последовательная запись, сделанная сейсмографом, всех волн землетрясения, которые дошли от очага до места наблюдения, называется сейсмограммой. Разбор сейсмограммы требует большой опытности, чтобы отделить волны землетрясения от всех других микросейсмических колебаний и чтобы различить все те, существенные особенности, которые характеризуют зарегистрированное землетрясение.

Быстрее всего движутся продольные волны, поэтому они раньше других проходят сквозь толщу земли и достигают места наблюдения и вызывают первое отклонение маятника. Соответствующий ему момент обозначается P / undae primae / и с него начинается первая предварительная фаза землетрясения. На фиг. 65 дана уменьшенная сейсмограмма для горизонтального смещения почвы в меридиане, записанная в Пулкове для Мало-Азиатского землетрясения 9 февраля 1909 г.; она заимствована из: кн. Б. Голицын. - Лекции по сейсмометрии 1912 г.

Эта фаза обыкновенно характеризуется мелкими

Фиг. 65



волнами с короткими периодами и небольшими амплитудами.

Через несколько времени приходят поперечные волны и начинается <u>вторая предварительная фаза</u> землетрясения S / undae secundae /. Иногда бывает трудно заметить этот момент, т.к. вступление новых волн далеко не всегда отчетливо сказывается на сейсмограмме.

Третий характерный момент, момент прихода продольных волн L / undae longae / отмечается резче, так как они более растянуты, имея больший период. С этого момента начинается <u>главная фаза</u> землетрясения с наибольшими горизонтальными и вертикальными смещениями почвы.

За главной фазой следует <u>заключительная</u>, обозначаемая N, с уменьшающимися амплитудами и сложными, неправильными движениями. Эта фаза соответствует постепенному затуханию сейсмических движений и переходу земной коры в состояние обычного покоя, но продолжительность фазы и сложность движений маятника во время ее вполне не выяснены.

Вообще сейсмограмма на всем своем протяжении показывает чрезвычайную сложность колебаний почвы. Непрерывно в течение всего землетрясения приходят все новые и новые сейсмические волны и кривая представляет собою результат наложения друг на друга целых

систем этих волн. Вот почему часто бывает трудно определить характерные моменты с необходимой точностью.

Помимо этого в областях, удаленных от эпицентра, землетрясения продолжаются гораздо дольше, чем в эпицентральной и плейстосейстовой областях, где они ограничиваются по большей части рядом отдельных сотрясений. Записи сейсмографа совсем не обнаруживают перерывов в колебаниях, которые соответствовали бы моментам покоя в эпицентре, и землетрясение иногда растягивается на промежуток времени, измеряемый часами. Это объясняется тремя причинами.

1/ Последовательный приход в место наблюдения систем волн, отраженных один, два или более раз от свободной поверхности земли, а также отраженных и преломленных на границах слоев, резко различающихся по своим физическим свойствам.

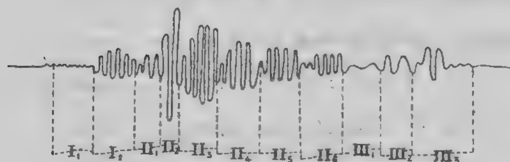
2/ Сейсмическая дисперсия, существование которой предполагается по аналогии со световыми явлениями. Благодаря ей, волны, вышедшие одновременно из очага, но имеющие различные периоды колебаний, должны иметь различную скорость и потому достигнут места наблюдений в разное время.

3/ Собственные колебания различных слоев земли, вызываемые сейсмическими волнами вследствие резонанса. Это подтверждается тем, что одно землетрясение может вызвать другое в каком то другом месте земли, если энергия сейсмических волн, вышедших из первого очага, достаточна, чтобы нарушить мало устойчивое равновесие в этом другом месте слоев, находящихся в состоянии сильного натяжения. Землетрясение в Вальпараизо 16 августа 1906 г. считают последствием подводного Алеутского землетрясения.

Если в очаге произошел не один, а несколько толчков, то это обстоятельство особенно влияет на усложнение сейсмограммы.

Омори дает такую схему типичной сейсмограммы /фиг. 66/, составленную на основании изучения многочисленных записей. Он различает три фазы: начальную /I, I_2,/ главную /II_1 II_2 II_3 II_4 II_5 II_6/ и заключительную /III_1 III_2 III_3/ Каждая из них подразделяется на части.

Фиг. 66.



Начальная характеризуется небольшими колебаниями с коротким периодом. Во второй ее части вступают поперечные волны, амплитуда и период несколько возрастают. Главная фаза отмечается наибольшими амплитудами и большими периодами. Она начинается вступлением поверхностных волн. Начало ее характеризуется увеличением периода, а уже затем увеличивается амплитуда. Конечная фаза состоит из затухающих волн с большими периодами.

По Омори вторая фаза наступает после первой в среднем через I9 минут. Первая и вторая фаза в среднем занимают I час 2 мин.

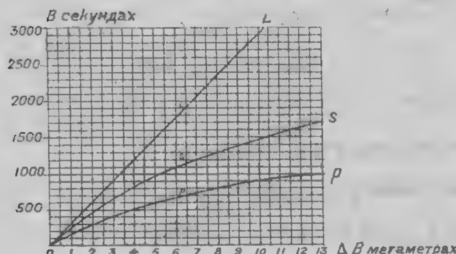
На примере сейсмограммы Мало-Азиатского землетрясения можно видеть, что действительную запись землетрясения трудно приурочить к определенной таким образом схеме. Голицын находит много произвольного в попытке Омори.

Определение положения эпицентра.

Для определения расстояния Δ по дуге большого круга, в котором находится эпицентр от места наблюдения, надо заметить моменты T_1 и T_2 прихода продольных и поперечных волн, т.е. моменты, соответствующие точкам P и S на сейсмограмме. Из наблюдении определе-

но, что с увеличением $\triangle$ увеличиваются промежутки времени, затрачиваемые волнами на пробег, т.е. растут T_I и T_2, увеличивается также и разность $T_2 - T_I$.

По наблюдениям над многими землетрясениями, для которых расстояния мест наблюдения от эпицентра были известны, Вихерт и Цеппритц построили кривые времен пробега или годографы для продольных волн P, поперечных S и длинных L /фиг. 67./ По оси абсцисс отложены расстояния от эпицентра в тысячах километров /мегаметрах/, а по оси ординат соответствующие промежутки времени.



Фиг. 67.

Определив разность $T_2 - T_I$, можно вместить ее параллельно оси ординат между кривыми P и S; соответствующая абсцисса дает прямо расстояние $\triangle$. Еще лучше для этой цели применить таблицу Цейссига / Zeissig /, составленную на основании вычислений Цеппритца и Гейгера / Geiger /, из которой прямо по аргументу $T_2 - T_I$ находится $\triangle$ в километрах. Таблица составлена для $\triangle$ до 13000 км.

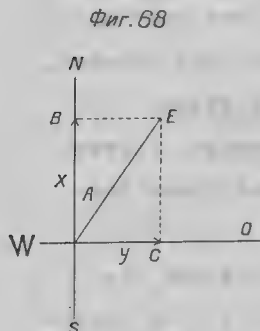
Если начало S второй предварительной фазы на сейсмограмме не отчетливо, то можно воспользоваться моментом T_3, соответствующим приходу поверхностных волн L, но тогда $T_3 - T_I$ надо вмещать между кривыми P и L.

По наблюдениям двух станций положение эпицентра определится в одной из двух точек пересечения малых кругов, начерченных из мест наблюдения сферическими радиусами равными определенным эпицентральным расстояниям. По большей части оказывается возможным решить в какой именно точке из двух произошло землетрясение. По наблюдениям трех станций положение эпицентра получается вполне определенно.

Голицын дал способ определять место эпицентра по наблюдениям одной станции, снабженной достаточно хорошими приборами. Для этого надо, кроме расстояния Δ, определить азимут эпицентра. Он находится по абсолютным величинам и направлениям смещений точки земной поверхности при первом вступлении продольных волн, как вдоль меридиана, так и вдоль первого вертикала. Тогда $\operatorname{tg} A = \frac{x}{y}$ /фиг. 68/.

Кроме положения эпицентра чрезвычайно важно знать глубину очага землетрясения. К сожалению предлагавшиеся для этого способы оказались мало надежными и получавшиеся прежде величины не заслуживают большого доверия. Однако Голицын указал теоретическую возможность определения глубины очага по наблюдениям на станциях вблизи эпицентра при наличии надежного сейсмического материала. Для южно-германского землетрясения 1911 г. он определил глубину очага 9,5±3,5км., для других землетрясений она заключается обыкновенно между 10 и 30 км. Чем глубже лежит очаг, тем землетрясение менее разрушительно, но тем на большую область оно распространяется и тем больше его продолжительность. Для землетрясения на о. Иския /1883г./ глубина очага определена всего в ½ км..

Фиг. 68



Насколько хорошо определяется место эпицентра по наблюдениям сейсмических станций можно судить по следующим примерам.

23 Января 1909 г. Пулково отметило сильное землетрясение. Голицын, снесясь с Иркутской станцией, определил, что землетрясение должно было иметь место к югу от Каспийского моря. Это вполне подтвердилось известиями, дошедшими только в Феврале и сообщавшими, что в Персии /Луристан/ 23 Января произошло разрушительное землетря-

сение.

В 1906 г. наблюдения в Страсбурге и Гамбурге указали на землетрясение, происшедшее на Антильских островах с 3 на 4 декабря, и только 7 Декабря были получены первые известия об этом с места, именно с о.Ямайка. Насколько важно определение места эпицентра по наблюдениям отдаленных станций, можно видеть из следующего: эти наблюдения показали, что эпицентр большой части землетрясений находится в море на некотором расстоянии от берегов, подверженных землетрясениям. Этот факт не мог бы быть обнаружен без наблюдений отдаленных станций.

Выводы сейсмологии о внутренности земли.

С развитием сейсмологии явилась возможность сделать некоторые заключения о физических свойствах самых глубоких, внутренних слоев земного шара.

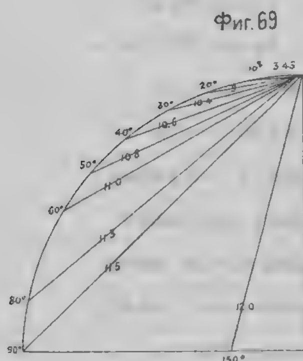
Принимая гипотезу о существовании слоя магмы под твердой корой земли, необходимо допустить, что не смотря на высокую температуру, магма не находится в состоянии настоящей жидкости, а должна быть телом пластическим, упругим, чем то средним между твердым телом и жидкостью. Это следует из того, что при отдаленных землетрясениях сквозь слой магмы проходят поперечные волны, которые не могут распространяться в настоящих жидкостях.

Глубину залегания слоя магмы Вихерт определяет на основании следующих соображений. Он заметил, что в главной фазе землетрясений, когда наблюдаются поверхностные волны, преобладает период волн в 18 секунд. При скорости $V = 3{,}5$ км. длина волны $\lambda = VT = 63$ км. Вихерт предполагает, что поверхностные волны соответствуют собственным колебаниям земной коры. На внешней и внутренней ее поверхностях должны находиться пучности, а на середине узловая поверхность, и расстояние между колеблющимися поверхностями коры должно равняться полудлине волны, т.е. 31,5 км. Это число близко к тому, которое получается по расчету, основанному на вели-

чине геотермического градуса.

Скорость распространения продольных и поперечных волн в теле земли зависит от той глубины, на которой они проходят. Ясно, что чем дальше, отстоит место наблюдения от эпицентра, тем эта глубина больше. Первоначально на это было обращено внимание Мильном /Milne/, который представил зависимость скорости продольных волн от глубины на следующем простом чертеже /фиг. 69/.

Фиг. 69



Чем больше глубина, тем скорость вообще говоря больше, но только до известного предела, и следовательно плотность и упругость слоев земли возрастает с глубиной. Циппритц и Гейгер исследовали этот вопрос на основании годографов продольных и поперечных волн и пришли к заключению, что скорость продольных волн возрастает почти пропорционально глубине, но лишь до глубины 1500 км., начиная с которой скорость остается почти постоянной. Следовательно, на глубине одной четверти земного радиуса должно существовать резкое изменение в физических свойствах внутренних слоев земли.

Если скорости с предельной глубины до центра земли не изменяются, то продольные волны должны проходить весь диаметр земного шара в 19 м.31 с, а поперечные в 36 м 50 с.

По более поздним исследованиям Вихерта закон изменения скорости продольных волн с глубиной претерпевает внезапное изменение не на одном уровне, а на трех, именно на глубинах: 1200 км., 1650 км. и 2450 км. С глубины 3000 м. и до центра земли скорость несколько убывает. По мнению Вихерта центральное ядро земли состоит из никеля и железа.

Причины землетрясений.

В настоящее время все землетрясения подразделяют в зависимости от причин, их вызывающих, на три рода: провальные, вулканические и тектонические /дислокационные/.

Выщелачивание масс известняка, каменной соли или гипса во внутренних слоях земной коры вызывает обрушивание или внезапное оседание слоев, выше лежащих, и является причиной провальных землетрясений. Они могут быть довольно сильными, но всегда захватывают лишь незначительную область. Гипоцентр лежит не глубоко. Количество их незначительно. Вулканические землетрясения имеют своей причиной вулканическую деятельность, главным образом, подземные и наружные взрывы. В прежнее время вулканизм считали причиной всех землетрясений, но дальнейшие исследования явления показало, что лишь небольшое сравнительно число землетрясений происходит от этой причины. Многие местности, часто подвергающиеся сотрясениям, вовсе лишены действующих вулканов. Вулканические землетрясения не распространяются за пределы ограниченной области, связанной с извержением, послужившим причиной явления. Например, взрыв Бандай-Сана вызвал сейсмическое сотрясение, распространявшееся лишь на I/50 часть поверхности, захваченной землетрясением I89Iг. Сила вулканических землетрясений может быть очень велика.

Вероятно вполне основательно мнение некоторых ученых, что землетрясения могут происходить и при значительных интрузиях магмы во внутренние слои земной коры. Их очевидно надо также отнести к вулканическим. Р.Гернес / R.Hoernes / назвал их криптовулканическими.

Все землетрясения, распространяющиеся на значительные области, относятся к третьей категории, к земле-

трясениям тектоническим, т.е. вызываемым дислокациями или смещениями, происходящими в земной коре.

Очевидно, что всякий внезапный сброс или внезапное же тангентальное смещение части земной коры должно вызывать землетрясение. Связь землетрясений с дислокациями была установлена Э. Зюссом впервые для землетрясений Нижней Австрии, где он установил существование трех "сейсмических" линий, вдоль которых располагались эпицентры большей части землетрясений. Две из этих линий совпадают с дислокациями Альп и, таким образом, обнаруживается связь землетрясений с горообразующими процессами.

Эпицентры большей части землетрясений Калабрии и Сицилии располагаются вдоль дуги окружности, имеющей в центре Липарские острова. Эта дуга расположена вдоль сбросовой впадины Тирренского моря, значит тоже связана с дислокацией. Она пересекается по Зюссу трещинами, радиально расходящимися от Липарских о-вов. Обыкновенно дислокации, вызывающие землетрясения, не могут быть наблюдаемы, так как они скрыты в глубине, но иногда они обнаруживаются на поверхности земли, как это было например во время японского землетрясения 28 октября 1891г.. В долине Нео произошел сброс, прослеженный на 64 км., причем одно крыло его опустилось относительно другого до 6 м. и передвинулось горизонтально местами до 4 м.

Географическое распределение землетрясений.

Яснее всего выступает связь землетрясений с дислокациями земной коры при изучении распределения землетрясений, которое показано на карте /фиг. 70/ Карта заимствована у Ога и составлена по Монтессю-де Баллору / de Montessus de Ballore /.

Легко видеть, что сейсмические области земной коры расположены в двух узких зонах: Средиземно-морской или Альпийско-Кавказско-Гималайской, на которую приходится

53,54 о/о всех землетрясений, и Тихоокеанской или Андо-Японо-Малайской с 41,08 о/о всех землетрясений.

Фиг.70.



Сейсмические области, отмеченные черным, и области, откуда исходили 323 главных землятрясения с 1899-1903г.г.

Монтессю-де-Баллор установил из 159781 землетрясений, что земная кора подвержена сотрясениям почти исключительно вдоль этих двух зон, которые близки к дугам больших кругов, наклоненных друг к другу под углом в 67°.

Сейсмические зоны совпадают с геосинклиналями вторичной эры и вместе с тем большинство землетрясений происходит в областях третичных складок, тогда как в древних горных цепях они гораздо реже. Это указывает на то, что процессы горообразования еще не закончились и в настоящее время проявляются в форме землетрясений.

Ог считает более частыми землетрясения, вызываемые тангенциальными движениями, которые именно и свойственны

областям недавних складок. Вертикальные движения реже вызывают землетрясения. Последние чаще всего наблюдаются вдоль больших расколов земной коры, напр. в Сирийско-Эфиопском сбросе, вдоль восточного берега Мадагаскара, в Исландии, в Рейнской сбросовой впадине. Особенно часты такого рода землетрясения вдоль трещин, соответствующих углом перегиба гирляндообразных складчатых гор, напр. в большом грабене Японии, где они наиболее часты, в Индии в местах соединения Гималаев с Иранской дугою и с Малайской, также и в древних складчатых областях, напр. около Христиании. Часты землетрясения, вызываемые оседаниями древних массивов по средиземноморским овалам, напр.: в Карпатах, Апеннинах, Андалузии, Атласе, на Антильских островах.

Наиболее часты землетрясения в Японии, где в год насчитывают в среднем около 600 землетрясений, а разрушительные катастрофы случаются в среднем же каждые 2 ½ года. Затем очень часты землетрясения в Центральной Америке, на побережье Тихого океана в южной Америке, в Калифорнии. В Европе чаще всего они в Греции, в Италии и в Альпах.

Карта Монтессю-деБаллора дополнена Мильном по наблюдениям сейсмических станций и на нее нанесены эпицентры 323 главнейших землетрясений с 1899 по 1903 г., распределенные по группам. Эти области очерчены пунктиром. Карта ясно показывает, что эпицентры многих землетрясений лежат под океаном, это подводные землетрясения или моретрясения.

Области подводных землетрясений поразительно совпадают с глубоководными впадинами по краям океана. Карта показывает, что области этих впадин являются сейсмическими областями, и происходящие в них землетрясения Ог приписывает постепенному оседанию впадин - современных геосинклиналей.

В странах столового строения землетрясения редки:

Африка, Деккан, Австралия. Области материков, прилегающие к Атлантическому океану, гораздо меньше подвержены сотрясениям, чем прилегающие к Тихому . В Русско-Сибирской равнине землетрясения очень редки и слабы, заметнее на Ботническом побережье, в Лифляндии и Курляндии. Чаще, хотя и не сильные, бывают в Крыму, Бессарабии и Одессе. Сильны и иногда разрушительны землетрясения Кавказа /Шемаха 1902г./ и особенно в Туркестане /Верный 1887г./. Также сильны землетрясения вблизи Байкала.

Монтессю-де Баллор называет асейсмическими те области, в которых землетрясения слабы и редки; пенесейсмическими, в которых они чаще и, хотя заметны, но не разрушительны; сейсмическими - области, где землетрясения часты и разрушительны.

Многие ученые полагают, что значение тектонических причин в происхождении землетрясений слишком преувеличивается и приписывают более значительную роль вулканическим причинам в широком смысле. Так Бранка считает причиной некоторых землетрясений попытки магмы пробиться к поверхности земли.

Моретрясения.

Моретрясения происходят от сейсмических сотрясений морского дна или от подводных вулканических извержений. Их эпицентр лежит большею частью в открытом море, но иногда в прибрежных местностях и на суше.

Сильные моретрясения сопровождаются образованием на поверхности моря мощных волн, называемых в Японии tsunamis /дзюнами/, которые последовательно то затопляют, то оголяют берега, производя огромные опустошения. Их длина и период очень велики, почему и скорость распространения огромна. В открытом океане эти волны обыкновенно незаметны вследствие громадной длины.

Лиссабонское землетрясение в Ноябре 1755 г. сопровождалось волной, которая была отмечена на противополож-

вых берегах океана, на Антильских островах. При землетрясении в Японии в декабре 1854 г. образовалась волна до 9 м. высотой; через 12 ч. 30 м. она дошла до Сан-Франциско. В августе 1868 г. во время землетрясения в Арико /Чили/ волна достигла 17 м. высоты и затопляла берега несколько раз через каждые 15 минут; она достигла берегов Австралии в Сиднее через 23 часа. При извержении Кракатоа /август 1883 г./ волна в некоторых местах доходила до 35 м. и даже в Австралии ее высота была 1,8 м. Она дошла до м.Горн через 23 ч.31м., до Гавра - через 32 ч. 35 м. Длина волны была 524000м., период 3480 сек., скорость 189 м. в сек.

Последствия землетрясений.

Землетрясения принадлежат к самым разрушительным явлениям на земной поверхности, но, конечно, последствия их зависят от интенсивности землетрясения и от геологических условий местности.

Более разрушительно землетрясения действуют на рыхлых породах, но только, если породы эти не имеют значительной мощности; в последнем случае сейсмические колебания в них быстро затухают. Хуже всего незначительной толщины слой рыхлой почвы на твердом основании. В твердых породах колебания распространяются на большие расстояния, но бывают слабы.

Помимо более или менее сильных повреждений в зданиях, землетрясения оставляют следы и в почве. Образуются трещины, в горных областях направленные большей частью вдоль склонов; иногда из трещин выступает вода, песок и грязь, образующие конусы; иногда выделяются газы, образуются ключи. При последующих ударах некоторые трещины вновь закрываются. Часто при землетрясениях образуются провалы в виде воронок, появляются озера. О сбросах уже говорилось раньше. Сдвиги, оползни и обвалы могут достигать очень больших размеров.

Частота и повторяемость землетрясений.

Землетрясения происходят гораздо чаще, чем это можно думать с первого взгляда. Каталог землетрясений для 1903 г., составленный Рудольфом / Rudolph /, заключает в себе 4760 микросейсмических ударов, т.е. по 13 в сутки. Только одни Пулковские сейсмографы отметили в 1910 г. 272 землетрясения.

Землетрясения и притом разрушительные повторяются часто в одном и том же месте; так г.Лима с 1586 г. был разрушен землетрясениями 11 раз; г.Верный несколько раз страдал от той же причины.

Много было сделано попыток найти зависимость числа землетрясений от различных явлений, но они до сих пор не привели к положительным результатам. Для некоторых мест подмечено, что осенью и зимой числа землетрясений больше, чем весной и летом. Многие указывают на вероятность влияния быстрого изменения давления воздуха на землетрясения. Рассуждая a priori , можно думать, что прохождение глубокого циклона изменяет настолько внешнее давление, что это может явиться окончательным импульсом, который нарушит равновесие внутренних слоев, но наблюдениями это не установлено.

Главная фаза землетрясения в плейстосейстовой области, сопровождаемая разрушениями , длится обыкновенно несколько секунд, но иногда ей предшествует большее или меньшее число предварительных ударов, а за ней следуют колебания, которые иногда длятся очень долгое время. На Гаваи в Марте 1868 г, число одних только более сильных толчков превысило 2000. Верненское землетрясение продолжалось три года и состояло из 600 ударов.

ВЕКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Многие факты указывают на то, что земная кора подвержена чрезвычайно медленным, вековым вертикальным колебаниям, которые в различных областях совершаются по различным направлениям. Заметить эти движения внутри материка

чрезвычайно трудно, так как они сказываются только в постепенном изменении крупных форм рельефа и обнаружить их можно только при помощи самых точных нивеллировок, повторяемых через большие промежутки времени. Наоборот, на берегах моря всякое вертикальное движение будет отмечено перемещением береговой линии и потому легко замечается.

Перемещение береговых линий может быть вызвано различными причинами, как мы увидим далее, и потому разные ученые употребляют различные выражения для обозначения направления перемещения. Мы будем пользоваться не вызывающими сомнений выражениями: наступание моря и отступание его, принимая согласно Зюсу, что наступанию соответствует положительное перемещение уровня моря, а отступанию - отрицательное.

Признаки перемещения береговых линий.

Признаки, доказывающие наступание моря, заключаются в следующем:

1/ Остатки древних построек, лесов и торфяников, обнаруженные на дне моря. /Бретань, Марсель, побережье Северного моря/.

2/ Остатки построек, сухопутных животных и растений, находимые на суше, но много ниже уровня моря в местах, защищенных от морских и речных наносов.

3/ Подводные долины и русла в устьях рек /Конго, Делавэр, Жиронда/.

4/ Существование материковой отмели /континентальной платформы/.

5/ Сильно изрезанные берега.

6/ Коралловые постройки, находимые на таких больших глубинах, где жизнь полипов не возможна, и вообще существование коралловых барьерных рифов и атоллов, если верна теория Дарвина о их происхождении.

Признаки отступания моря:

1/ Береговые террасы или сетер / seter /, находящиеся выше современного уровня, и вообще следы древних береговых линий со скоплениями раковин и следами сверлящих моллюсков. Такие террасы, выработанные в прежние времена прибоем, особенно хорошо известны на атлантическом скалистом побережье Скандинавии, где они расположены на различных высотах над уровнем моря.

2/ Особое строение устьев рек в виде глубокой долины также свидетельствует о том, что базис эрозии реки понизился лишь недавно, т.е. произошло отступание моря. Водопады в устьях рек и террасы в наносных конусах на значительной высоте также могут служить признаками отступания моря.

3/ Коралловые рифы, находимые выше уровня моря.

4/ Ровная однообразная береговая линия.

Наступание моря наблюдается в южной Швеции, на южных берегах Балтийского и Северного морей, в Английском канале, в Бискайском заливе, на берегах Адриатического моря. Отступание происходит кроме Норвегии, в Швеции с севера до о.Готланда, в Финляндии и Ирландии, в Криму, на западном и южном берегах Черного моря, в области Средиземного моря, на арктических островах - Н.Земле, Земле Франца Иосифа, Шпицбергене, Гренландии, в северной части С. Америки; в южном полушарии береговые линии находятся в южных частях континентов, особенно многочисленные на тихоокеанском побережье Ю.Америки.

Некоторые морские берега носят следы наступаний моря, чередовавшихся с отступаниями; к числу их принадлежат и берега Скандинавии, показывающие неоднократную смену движений в течение четвертичного периода. Известным примером служит храм Сераписа в Поцуоли на берегу Неаполитанского залива. Его колонны от высоты около 3 м. до 5 ½ источены сверлящими моллюсками, что безу-

словно указывает на то, что он был в течение некоторого времени затоплен морем. Цельность нижних частей колонн объясняется тем, что еще до погружения, или во время его, храм был засыпан рыхлыми отложениями до высоты 3 м. В настоящее время храм весь находится на суше, но пол его ниже уровня моря. Он был засыпан рыхлыми продуктами до 1750 г., когда был раскопан.

От перемещений береговых линий, вызываемых вековыми колебаниями земной коры, надо отличать те, которые происходят вследствие экзогенных воздействий, напр. - - морской эрозии, намывания и т.п.

Морские трансгрессии и регрессии.

Области, в которых происходило наступание моря в прежние геологические периоды, или которые осыхали вследствие отступания моря, иначе говоря, области морских трансгрессий и регрессий могут быть обнаружены по некоторым стратиграфическим признакам.

Такими признаками отступания моря, имевшего место между двумя периодами трансгрессии служат:

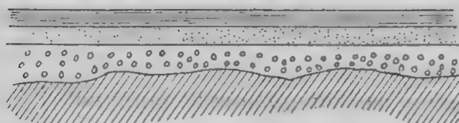
1/ Стратиграфический пробел, т.е. отсутствие некоторых слоев в нормальной серии отложений, особенно, если отсутствует целый ярус или более.

2/ Явления денудации или выветривания на границе между верхней и нижней сериями слоев.

3/ Слои континентального происхождения, находящиеся между двумя морскими сериями.

4/ Конгломераты в основании верхней серии слоев. /фиг. 71/.

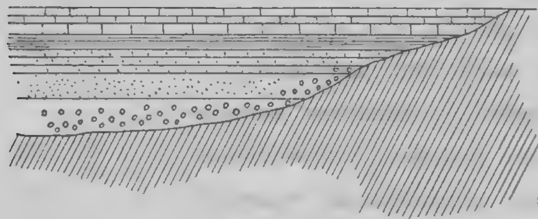
Фиг.71



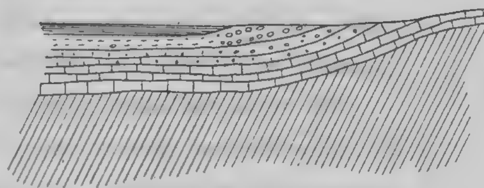
Область, захваченную наступанием моря - - трансгрессией, можно определить по трансгрессивному напластованию, в котором выше лежащие слои

перекрывают слои, лежащие ниже /фиг. 72/. Область регрессии характеризуется тем, что верхние слои занимают меньшую площадь, чем нижние /фиг. 73/.

Фиг.72



Фиг.73



Нам уже известны большие трансгрессии: силлурийская, девонская, юрская и самая большая меловая /сеноманская/.

Только существованием трансгрессий и регрессий можно объяснить то обстоятельство, что около 70 о/о суши покрыто осадочными породами.

Причины перемещения береговых линий.

Причинами перемещения береговых линий или наступаний моря и его отступаний, могут быть или

1/ изменения уровня моря, местные или общие, или

2/ опускания и поднятия суши.

Впервые явление отступания моря было обнаружено Цельзием / Celsius / в южной Швеции в ХУIII столетии; он приписал его понижению уровня моря. С начала XIX века геологи во главе с Плейфером, Леопольдом Фон-Бухом и Ляйеллем считали уровень неизменным, а перемещение береговых линий приписывали медленным колебаниям почвы. Однако впоследствии гипотеза о колебаниях уровня моря снова нашла защитников и на некоторое время восторжествовала с тем, чтобы опять уступить место гипотезе колебаний земной коры, и можно думать на этот раз окончательно.

Уровень океана отклоняется от поверхности земного эллипсоида, как мы знаем, вследствие местных притяжений материковых масс. Пока эти отклонения считали преувели-

чевзо большими, думали, что изменение рельефа, появление новой цепи гор в прибрежной полосе может вызвать значительное изменение в положении уровня. На этом основании предполагали, что образование мощного ледяного покрова должно было служить причиной местного повышения уровня. После более обстоятельного выяснения влияния местных притяжений вычисления Хергезелля / H.Hergesell /, Дригальского /E.von Drygalski / и Вудворда /R.S.Woodward/ показали, что ледниковый покров не мог обусловить значительное повышение уровня моря. Хергезелль считает, что при мощности льда в 1000 м. поднятие уровня моря не превысит 4 м.

Может существовать и другая причина, которая способна вызвать изменение уровня океана, это - изменение скорости вращения земли вокруг оси. На этой мысли остановился Е. Зюсс. В то время думали, что многочисленность береговых террас в полярных странах указывает, что понижение уровня совершается только в высоких широтах, а что трансгрессии преобладают в экваториальных странах; это приписывали увеличению скорости вращения земли, которое должно было вызвать повышение уровня вблизи экватора и понижение около полюсов.

Зюсс указал также на геологические явления, которые могли вызвать одинаковые повсеместные изменения уровня, которые он предложил назвать эвстатическими движениями. Главной причиной понижения уровня Зюсс считает оседание участков земной коры, как напр. происшедшие в третичном периоде оседания в западной части Средиземного моря и у Антильских островов. Повышение уровня Зюсс объясняет накоплением осадков на дне океанов, что мало вероятно; другие считают его причинами вулканические извержения и образование подводных складок.

Изучение трансгрессий прошлых времен не дает возможности объяснить их колебаниями уровня океанов, так как они совершались при следующих условиях, как это выяснил Ог:

1/ Трансгрессии совершаются одновременно в обоих полушариях.

2/ Трансгрессии имеют место одновременно и в высоких и в низких широтах.

3/ Трансгрессии не повсеместны.

Итак, перемещения береговых линий должны быть объяснены иначе. Очевидно, если колебания уровня моря не могли служить их причиной, то она должна заключаться в медленных вертикальных движениях участков земной коры.

Наиболее исследовано положение древних береговых линий в Скандинавии, Финляндии и русской Лапландии трудами де-Геера / G. de Geer / и В.Рамзая / W.Ramsay /.

Финно-Скандинавский массив носит на себе следы неоднократных наступаний и отступаний моря. После максимума третьего оледенения четвертичного периода скандинавский ледник постепенно отступал; одновременно освобождавшиеся из подо льда области затоплялись морем, следовательно страна опускалась. Море захватило большую часть массива, что видно по оставленным им отложениям глины с Yoldia arctica. Эти отложения в разных местах массива встречаются на различных высотах, от 0 до 270 м.. Де Геер провел кривые - изобази через места отложений, находящиеся на одинаковой высоте, и получил, таким образом, картину поднятия Скандинавии, а Рамзай дополнил ее для всего Финно-Скандинавского массива. Изобазы следуют за контуром массива, что указывает на то, что движения его были вертикальны.

Чем вызываются вертикальные движения Финно-Скандинавии? Этот вопрос до сих пор еще не выяснен. Некоторые думали, что оседание обусловливалось тяжестью ледникового покрова, но изучение явления показало, что оседание массива происходило при таянии льда, а не при развитии ледникового покрова. Дригальский предполагал, что поднятие массива явилось результатом его нагревания, увеличившегося после того, как лед стаял, и сопровождавшегося

значительным расширением; но и это противоречит наблюдениям, так как таяние льда на самом деле сопровождалось опусканием массива.

Ог, не затрагивая причины изучаемых движений, находит возможным принять, что области воздымания / aires de surélévation /, т.е. такие, в которых все складки /оси складок/ целой группы приподняты сравнительно с другими областями, подвергаются вертикальным колебаниям в связи с дислокациями и деформациями, совершающимися в земной коре. Такой областью и является Финно-Скандия. Другая подобная область - Канадский щит, принадлежащая к той же древней /Каледонской/ складчатой зоне, имел в послеледниковое время движения одинаковые по направлению с движениями Финно-Скандии и одновременно с ними.

Исследуя трансгрессии и регрессии различных периодов, Ог установил следующий закон, управляющий этими явлениями: "Движения в известном направлении являются одновременными на всех континентальных площадях, и эти движения компенсируются в геосинклиналях движениями в обратном направлении".

Движения в геосинклиналях происходят в направлении будущих складок параллельно оси геосинклинали и потому их можно причислить к орогеническим движениям. Вертикальные движения континентальных площадей совершенно другого характера; их Г.К.Гильберт назвал эпейрогеническими [1/] /эпирогеническими/.

Эпейрогеническим движениям областей воздымания соответствуют такие же, но противоположного направления, движения в соседних областях погружения /aires d'ennoyage/, в которых складки понижены по сравнению с другими областями.

1/ ἤπειρος - континент.

Орогенические движения сопровождаются одновременными с ними движениями эпейрогеническими".

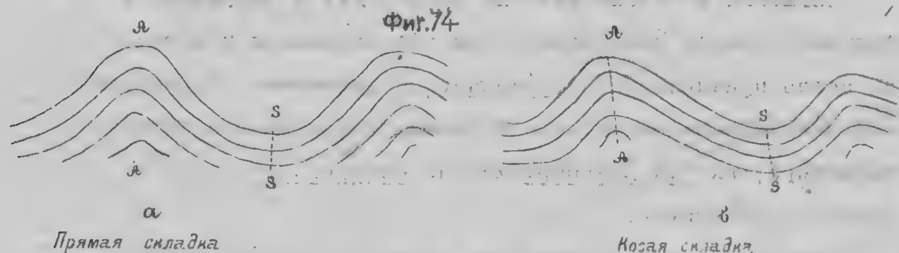
НАРУШЕНИЯ ЗАЛЕГАНИЯ ПОРОД.

Окончив изложение трех эндогенных процессов, изменяющих рельеф земной поверхности, нам предстоит обратиться к четвертому - процессу горообразования, но ранее надо познакомиться подробнее с теми элементарными изменениями залегания горных пород, из которых складываются крупные формы рельефа, обусловливаемые горообразованием.

Все перемещения горных пород в земной коре, происшедшие после их первоначального образования, называются дислокациями. Нарушения нормальных форм залегания пород могут быть распределены на две группы: складки, происходящие при горизонтальных смещениях участков земной коры, и сбросы, т.е. вертикальные смещения соседних участков.

Система складок состоит из чередующихся выпуклых и вогнутых частей /фиг.74а/. Выпуклая часть складки называется антиклиналью /A/, вогнутая - синклиналью /S/.[I/] Простую антиклинальную складку называют также

Фиг.74



Прямая складка   Косая складка

седлом, а синклинальную - мульдой. Встречаются часто и отдельные антиклинали или синклинали среди горизонтальных слоев.

Осевой плоскостью называют поверхность, проведенную через нормали к поверхностям складок в их самых высоких точках /гребень или замок/ или в самых низких

I/ ἄντι - напротив, κλίνω - наклоняю, σύν - вместе.

/дно/. Таковы плоскости $\mathcal{A}\mathcal{A}'$ и SS'. Осью складки называется прямая пересечения осевой плоскости с горизонтальной плоскостью.

Если осевая плоскость складки вертикальна, а крылья наклонены одинаково к горизонту, то такая складка называется прямой складкой /фиг. 74 а/; если же этого нет, то складка получается косая /фиг. 74 b./ Если одно из крыльев опрокинуто, т.е. перешло через вертикальную линию, то и складка опрокинутая /фиг. 75а./. Складка, у которой крылья почти горизонтальны, назы-



Опрокинутая складка — Лежачая складка

зывается лежачей /фиг. 75 b./; то ее крыло, в котором слои имеют естественную последовательность, называют нормальным, а крыло, в котором слои перевернуты, - обращенным.

Складка, опрокинутая на столько, что она перешла через горизонтальную линию, называется перевернутой /фиг. 76 а/.



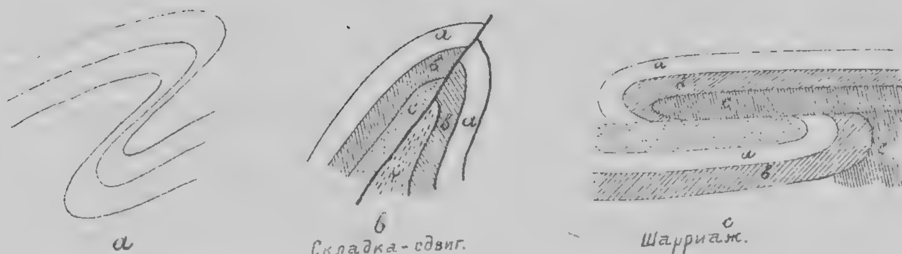
Перевернутая складка — Изоклинальная складка — Веерообразные складки

Если складка сжата так, что крылья ее параллельны, то она называется изоклинальной /фиг. 76 b/. Пережатые складки называются веерообразными; они могут быть

антиклинальными /фиг. 76 с/ и синклинальными /фиг.76 d/.

Иногда наблюдается, особенно в складках опрокинутых и лежачих, что обращенное крыло растягивается, причем слои, его составляющие, сплющиваются /фиг.77а/ и часто складка разрывается; тогда образуется складка-сдвиг, в кото-

Фиг.77



a

б Складка-сдвиг.

c Шарриаж.

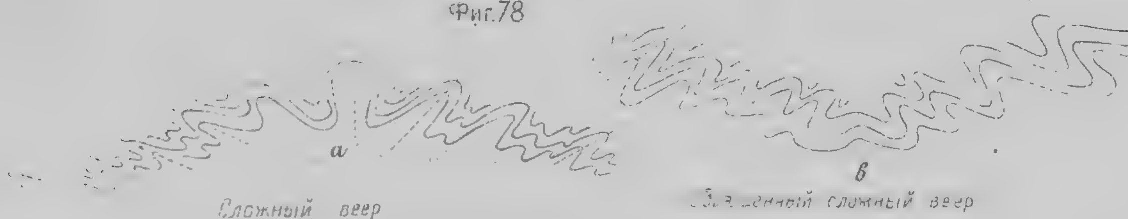
рой одно крыло надвинуто на другое; случается, что одно крыло исчезает совершенно. Особенно сильный надвиг происходит в лежачих складках; здесь он называется навелок или шарриаж / charriage / иначе - надвиг, перекрывание /фиг. 77с/. Насколько велико может быть горизонтальное перемещение при перекрытиях можно судить по тому, что в Швеции оно достигает 130 км.

На поверхности земли складки наблюдаются более или менее разрушенными действием атмосферных агентов; иногда могут быть снесены все гребни, а мульды скрыты в более глубоких слоях земли; тогда бывает чрезвычайно трудно распознать строение местности и определить последовательность во времени образования различных слоев; это можно сделать только по палеонтологическим признакам.

Горные области обыкновенно представляют собою совокупность большого числа складок и иногда самых разнообразных. Редко встречаются в них прямые складки, напр. в Юре. Иногда преобладают опрокинутые, причем направление их наклона во всей горной цепи

одинаково; в этом случае получаются диссимметричные горы, напр. Апеннины. Случается, что складки располагаются симметрично относительно средней оси цепи гор, как это видно на фиг. 78, изображающей сложный веер

Фиг.78



Сложный веер

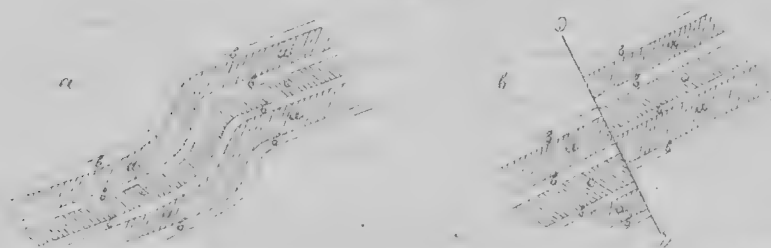
Обращенный сложный веер

/а/ и обращенный сложный веер /b/.

В горных областях распознать строение складок понятно еще труднее, чем в отдельных складках.

В горизонтальной проекции оси складок имеют по большей части вид прямых линий, но также часто бывают изогнуты /фиг. 79 а/, вероятно вследствие неодинаковой силы сжатия в разных местах земной коры. В них наблюдаются и поперечные разрывы, напр. по линии *DD* на фиг. 79 *b* .

Фиг.79

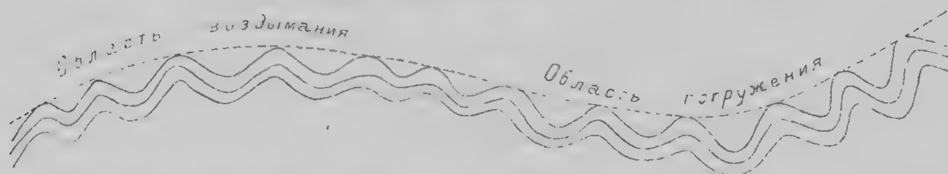


В этом случае получается горизонтальный сдвиг, выражающийся тем, что по обе стороны линии разрыва складки сдвинуты относительно друг друга по направлению движения. Когда складчатая местность выравнена работой разрушения, сдвиг выразится тем, что однородные слои по разные стороны линии разрыва не составляют продолжения друг друга.

Ось складки иногда не идет горизонтально, но местами поднимается, местами опускается. Точно также в целой

группе складок все оси могут быть приподняты в одной и той же области, которая получает название области воздымания; в другой же области они могут быть

Фиг. 80



опущены наиболее низко, - это область погружения /фиг. 80/. Мы видели уже, что изучение этих областей важно в связи с эпейрогеническими движениями.

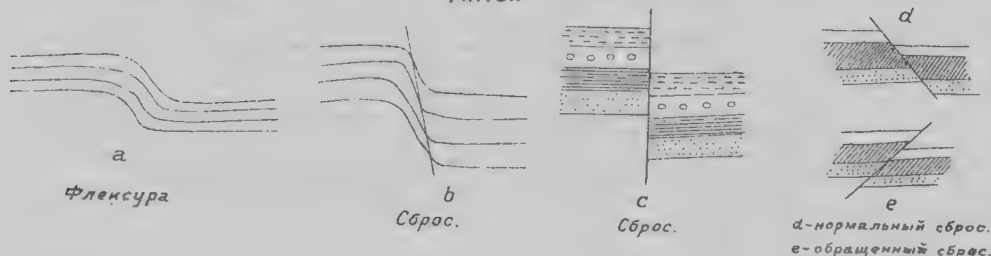
Примерами областей воздымания являются: Фенно-Скандинавский массив и Великобритания, разделенные областью погружения на месте Северного моря; Арморикский массив и Центральный массив Франции, Канадский массив.

Образование складок в слоях горных пород неоднократно пытались воспроизвести опытным путем, подвергая боковому давлению пластинки свинца, слои глины и др. материалы. Добре, Бейли Уиллис / Bailey Willis / и А. Фавр / Alph.Favre/ воспроизвели таким путем многие формы складок, встречаемые в горных областях.

Складки обусловливаются тангенциальными силами, вертикальные же силы производят дислокации другого рода.

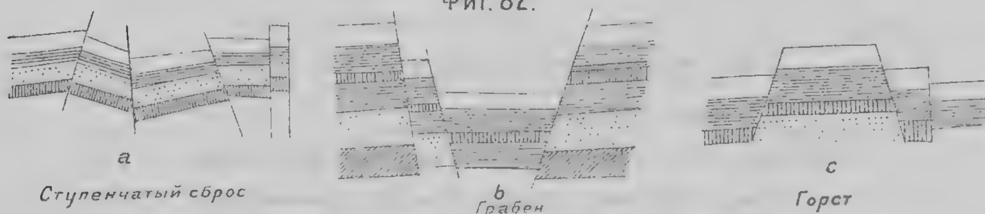
Под действием силы тяжести некоторые участки земной коры опускаются относительно соседних; при этом слои могут только изогнуться или же разорваться, в первом случае происходит флексура /моноклинальная складка, фиг. 8I a/, во втором - сброс /фиг. 8I b и c/.

Фиг. 81.



Флексуры имеют второстепенное значение, главное же принадлежит сбросам. При сбросах слои в его крыльях могут остаться горизонтальными, могут и наклониться. Если опускание происходит по одной только трещине, то сброс называется простым, но он может быть и ступенчатым в том случае, когда оседание происходит по нескольким трещинам /фиг. 82 а/.

Фиг. 82.



Если плоскость сброса наклонена в сторону опущенного крыла, /фиг. 81d /, то сброс называется нормальным; после такого сброса участок занимает большее пространство, чем до сброса. Если плоскость сброса нависает над опущенным крылом, то сброс называют обращенным или взбросом; при нем поверхность участка уменьшается.

Очень часто линия сброса бывает совершенно не видна, а иногда и происшедшее изменение рельефа вполне сглаживается или видоизменяется денудацией.

Сбросы, параллельные простиранию слоев, называются продольными, перпендикулярные к простиранию - поперечными.

Иногда сбросы происходят группами. Участок земной поверхности, опустившийся между двумя другими неосевшими и ограниченный двумя параллельными сбросами называется - грабен /сбросовый ров фиг. 82 b /. Пример грабена мы уже видели в Сирийско-Африканской впадине, другой пример - Рейнская долина.

Приподнятые участки между двумя осевшими носят название - горст /фиг. 82 с/. Примеры: Вогезы, Шварцвальд, Тюрингенский Лес и др. Встречаются и периферические сбросы, образующие вместе с радиальными округленные впадины.

Поднятое крыло сброса быстрее подвергается разрушению, чем опущенное и может быть в некоторых случаях совершенно снесено, тогда бывает очень трудно определить сброс, если только не обнажена в каком нибудь разрезе линия сброса.

Сбросы часто придают области столовое строение в том случае, если верхние слои в ней залегают горизонтально, но они часто встречаются и в складчатых местностях.

СТРОЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ ГОР.

Классификация гор.

Классификация гор по их происхождению выработана трудами главным образом А.Гейма, Зюсса, Рихтгофена, Пенка и др. Мы здесь придержимся классификации в том виде, как она дается Дж.Гейки.[1/]

По своему происхождению горы подразделяются на две большие группы: тектонические или первичные и реликтовые или остаточные /вторичные/.

К тектоническим горам относятся все высоты, образовавшиеся: I/ путем накопления материалов на поверхности земли, - это горы накопления и 2/вследствие складок и разломов, явившихся результатом действия подземных сил /внутренних/; это горы дислокационные /горы нарушения или деформации земной коры/.

Реликтовые горы представляют собою остатки существовавших раньше более или менее высоких областей суши, разрушенных силами, обнажающими земную поверхность / внешними/.

Горы накопления в свою очередь делятся на вулканические и эпигеновые, т.е. происшедшие от действия тель-

----

I/ James Geikie. Mountains, their origin, growth and decay. Edinburgh. 1913.

ко поверхностных сил.

Горы дислокационные подразделяются на складчатые, сбросовые,[1] и лакколитовые.

Вся классификация гор сведена в следующей таблице.

I. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ГОРЫ.

А. ГОРЫ НАКОПЛЕНИЯ.

1/ Вулканические.

а/ Обломочные конусы.

в/ Лавовые конусы.

Конусы вязкой лавы.

Конусы жидкой лавы.

с/ Сложные конусы.

d/ Конусы гейзеров.

е/ Конусы грязевых вулканов.

2/ Эпигеновые.

а/ Ледниковые холмы.

в/ Эоловые холмы.

В. ГОРЫ ДИСЛОКАЦИОННЫЕ.

1/ Складчатые горы.

2/ Сбросовые горы.

3/ Лакколитовые горы.

II. РЕЛИКТОВЫЕ ГОРЫ.

Вулканические горы.

- Горы накопления, как было сказано, вырастают вследствие насыпания материала на земную поверхность. Из их числа горы вулканические имеют более важное значение, включая в себе некоторые из наиболее высоких вершин земли, тогда как горы эпигеновые по большей части являются холмами.

Типы вулканических гор уже были описаны в отделе о вулканических извержениях, поэтому здесь мы ограничимся

1/ Гики называет ту группу гор, которые здесь названы дислокационными,- деформационными, а дислокационными он называет сбросовые.

немногими словами.

а/ [illegible] конусы, в число которых включаются и пепловые, бывают всевозможных размеров, от самых малых до очень больших.

в/ Лавовые конусы также бывают разной величины. Конусы вязкой лавы более значительных размеров наблюдаются только у некоторых древних вулканов, напр. Пюи де Дом / Puy de Dôme / 519 м. Самые большие конусы из жидкой лавы на острове Гаваи. Наиболее часты невысокие конусы, они встречаются на острове Гевньов и в Оверни /трахитовые/.

с/ Сложные конусы свойственны большинству действующих вулканов. Очень правильные очертания имеют Фузи-Яма, Котопакси, Попокатепетль, что объясняется извержениями постоянно из одного и того же кратера. О формах, которые получаются при разрушении вулканических конусов мы говорили раньше.

d/ Конусы гейзеров бывают незначительной высоты, редко превосходя 10 м.

е/ Конусы грязевых вулканов также были описаны выше.

Эпигеновые горы.

Эпигеновые горы обязаны своим происхождением переносу и накоплению поверхностных материалов. По своей величине они не заслуживают названия гор, представляя собою скорее холмы, но обилие их часто характеризует ландшафт обширных областей.

а/ Ледниковые холмы. Мы имели уже случай говорить о ледниковых образованиях в отделе о ледниковом периоде. Ледниковые холмы возникают вследствие накопления обломков, переносимых и отлагаемых ледниками. Конечные морены, отлагаясь постоянно на одном месте при малых колебаниях ледника, могут образовать холмы довольно значительной высоты, напр. до 240 м., в северной Италии у устья Дора Бальтеа.

в/ Золовые холмы образуются из скопления материалов нагроможденных ветром. На равнинах, покрытых сухим песком, не скрепленным растительностью, песок этот переносится с места на место ветрами и при некоторых условиях собирается в холмы и гряды холмов, называемые дюнами.

Благоприятные условия для образования дюн заключаются в ровной местности, большом количестве сухого песка, отсутствии растительности. Необходимые условия - ветер, достаточно долго дующий по одному направлению. Такие условия встречаются на берегах водоемов и в пустынях, поэтому и дюны могут быть береговые и материковые.

Многие ученые считают главной причиной образования дюн те препятствия, которые ветер встречает на своем пути в виде неровностей почвы, растений и даже просто влажных мест. Но Башин / O.Baschin / справедливо указывает, что в данном явлении должно играть роль свойство поверхности, разделяющей движущиеся жидкости, превращаться в волнообразную. Препятствия ветру только увеличивают скорость образования дюн, придают им некоторую прочность и способствуют увеличению их размеров.

В местах, где ветра более или менее постоянны по направлению, дюны имеют вид длинных валов, расположенных перпендикулярно к направлению ветра. Поперечный разрез их /фиг.83/ диссимметричен: наветренный склон пологий /5^0-12^0/, подветренный более крутой /до 30^0 и выше/. Ветер гонит песок, заставляя его подниматься по наветренному склону; достигнув вершины,



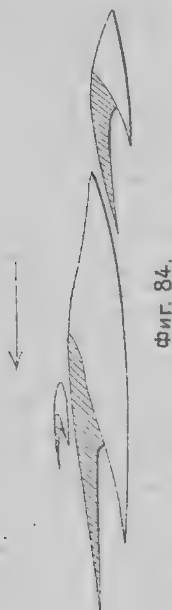
Фиг 83.

зерна песка скатываются по подветренному склону, и таким образом дюна, сохраняя в общем свою форму, перемещается по направлению ветра, засыпая встречающиеся на ее пути предметы, и останавливается только более значительными преградами. Скорость перемещения дюн от I до 25 м. в год.

В странах, где направление ветра постоянно, высота дюн не превышает 90 м. /Ланды Франции/ а по большей части ниже /Курляндия до 70 м./, но там, где ветер дует в разное время года в различном направлении они могут достигать большей высоты. В Сахаре они доходят до 200 м., а Ог указывает даже высоту в 500 м. /Большой Эрг/. Эти дюны почти неподвижны, так как движения в противоположных направлениях уравновешиваются.

В некоторых местах/Индийская пустыня/ встречаются песчаные хребты, которые тянутся по направлению господствующего ветра; их возникновение еще не объяснено.

Встречаются также дюны в форме, напоминающей полумесяц или серп; они называются барханами./Туркестан/. /Фиг. 84/. Когда ветер переносит массы песка по однообразной равнине, на которой трение невелико, то сначала образуются небольшие кучи песка, которые сейчас же являются препятствием для движения песка. Песчинки, встречая их на своем пути, обтекают их с обеих сторон и отлагаются, образуя боковые вытянутые полосы в виде рогов полумесяца. Иог.Вальтер / Ioh.Walther / считает барханы зачаточными формами, из которых потом образуются дюны вследствие слияния барханов в ряды. Холноки /E.von Cholnoky / наблюдал в Венгрии случаи распадения



Фиг. 84.

дюн на барханы.

Береговые дюны не распространяются на большое расстояние от берегов, так как движение их останавливается растительностью или неровностями побережья. Материал для них доставляется главным образом морем. Они вытянуты параллельно берегу. Самая большая область, занятая морскими береговыми дюнами в Европе, это Ланды Франции, где они занимают полосу в 250 км. длиною и до 8 км. шириною. Затем они встречаются в Бретани, южной Англии, Бельгии, Голландии, Дании, северной Германии, в Курляндии, на побережье Рижского залива, на южном берегу Финского, близ Сестрорецка. Вне Европы - на западном побережье Сахары, в Египте, во Флориде и т.д.

Другие виды береговых дюн, озерные и речные в Европе встречаются особенно часто в России; первые на берегах Ладожского, Онежского, Чудского озер, Каспийского и Аральского морей, вторые - на берегах многих рек Европейской России, в частности на Днепре и на Дону.

Материковые дюны насыпаются из материала, который образуется вследствие выветривания пород. Они встречаются всегда в пустынях, где занимают огромные площади, переносятся ветром далеко от места возникновения и достигают областей, где уже нет песчаных площадей, погребая лежащие на их пути оазисы и значительные участки плодородной земли. В России они особенно распространены в Туркестане, где пески занимают около 0,9 поверхности. Огромные поверхности заняты дюнами в Азии /Гоби, Таримская котловина, Персия, Сирия, Аравия и пр./, затем в Африке /Сахара, Калахари/, внутри Австралии, в С.Америке.

По Тилло дюны занимают 7 о/о поверхности суши.

Существуют ископаемые дюны, т.е. такие, которые остались с тех пор, как климат мест их нахождения изменился, почему и формы этих дюн сильно изменились.

Они встречаются в Германии, в Волынском Полесье.

Ветром переносится не только тот песок, который собран в дюны, но и тот, который распределен более или менее ровным слоем на поверхности земли. Пески постепенно захватывают во многих местах все большие пространства, чему часто способствует человек, неосмотрительно уничтожая растительность. Направление дующего ветра часто указывается оставляемыми им следами на песке в форме совершенно такой же ряби, какая наблюдается на морских пляжах.

Дислокационные горы.

Почти все высочайшие горные цепи принадлежат к числу гор дислокационных и притом к той группе их, которые называются складчатыми. Сбросовые горы и лакколитовые имеют гораздо меньшее значение.

Складчатые горы. Складчатые горы состоят из горных пород, смятых в многочисленные складки. Раньше предполагали, что складки на земной коре возникали внезапно, но теперь думают, что они образуются чрезвычайно медленно под действием бокового давления, настолько медленно, что человек непосредственно заметить этого не может.

Некоторые горные цепи, надо думать, возникли в течение одной непрерывной, хотя и продолжительной фазы давления; это - моногенные горы. Впрочем, большинство величайших горных цепей, напр. Гималаи и Альпы, образовались в результате нескольких повторных фаз, разделявшихся продолжительными промежутками покоя; это горы - полигенные. Они состоят из нескольких серий цепей, каждая из которых возникла во время одной фазы. Эти последовательно появлявшиеся цепи располагались по сторонам возникших ранее. Чрезвычайная медленность образования боковых, более молодых цепей, подтверждается тем, что реки, вытекающие из центральных частей горной цепи по долинам, прорі-

тым гораздо ранее возникновения боковых цепей, прорезывают их, не испытывая уклонения в сторону. Это могло произойти только в том случае, если поднятие боковых цепей совершалось столь медленно, что реки имели время прорыть для себя путь.

Современный внешний вид горных цепей определяется не только конфигурацией складчатости, но также и разрушающим действием внешних агентов. Лишь в исключительных случаях рельеф цепи совпадает с геологическим строением, напр. в Западной Юре /фиг. 85 А /.

Фиг. 85.



Прямые складки Западной Юры

A

Прямые складки.

B

a-антиклиналь, s-синклиналь.

В этом случае ряды гор совпадают со складками, гребни их образованы антиклиналями /а/, продольные долины расположены в синклиналях. Наблюдаются многие примеры гор, в которых долины находятся на антиклиналях, а хребты на синклиналях /фиг. 85 в/. Горы первой категории это сравнительно молодые горы, ко второй же относятся более древние, которые претерпели и большие изменения в первоначальном рельефе. Примером последних

Фиг. 86.



Аппалачские горы

служат Аппалачские горы /фиг. 86/.

Складчатые горы могут прорезывать обширные низменности, как напр. Уральские горы, могут находиться и по окраинам высоких областей /напр. Тибет/ или материков.

Строение складчатых гор обыкновенно бывает чрезвычайно сложно. Не только большие складки, образующие крупные неровности рельефа, бывают изогнуты, разорваны, переброшены, наложены друг на друга, но и самые породы, слагающие слои, часто оказываются собраны в очень мелкие складки. Породы в складках часто метаморфизованы.

Лучше всего изучено строение складчатых гор в Альпах. По А.Гейму земная кора в области Альп претерпела на столько сильное сжатие, что полоса, занятая ими, с 600 - 1200 км. ширины сузилась до 150 км.

Форма, принимаемая горными хребтами при их разрушении внешними агентами, обусловливается строением складок и материалами, из которых сложены различные слои. Известняк, как сравнительно легко растворяющийся в воде, разрушается быстро, кварцевые породы - - гораздо медленнее. Кроме состава пород, на быстроту их разрушения оказывает большое влияние и строение: пористые породы поддаются действию воздуха и воды быстрее плотных. Особенно сильно влияет на разрушение горных вершин мороз, а также текущая вода, причем большую роль играет слоистость пород и трещиноватость.

Горы, состоящие из горизонтальных слоев, имеют склонность образовывать пирамидальные формы с крутыми и часто ступенчатыми склонами. Части вершины в виде пиков/Rosengarten, Fünffinger spitze / и отдельные утесы в виде башен / Drei Zinnen, Cinque Torri /, которые наблюдаются в Доломитовых Альпах.

Там, где слои сложены в антиклиналях, их верхушки быстро поддаются разрушению, быстрее, чем слои, находящиеся в синклиналях, поэтому только в таких молодых горных цепях, как Швейцарская Юра, рельеф мог сохраниться согласным со складчатостью. При большом наклоне слоев, на склонах более твердые слои выступают над

более поддающимися разрушающему действию. Когда слои близки к вертикальному положению, более твердые слои выступают в виде гребней.

Хотя формы, обусловленные первоначальной складчатостью, в Альпах значительно изменены, все таки их надо считать тектоническими складчатыми горами, находящимися в стадии понижения. Они еще не прошли через полный цикл эрозии. Историю преобразования гор можно проследить по остаткам складчатых областей разных геологических периодов. На таких примерах видно, что дислокационные горы после долгого процесса денудации превращаются в холмистые равнины. Если затем последовало погружение их, они покрываются слоями осадочных отложений, а при последующем поднятии выступают в виде плоскогорий, которые вновь подвергаются действию поверхностных сил и снова область принимает характер гористой, но образовавшиеся таким путем горы уже будут реликтовыми, а не первичными.

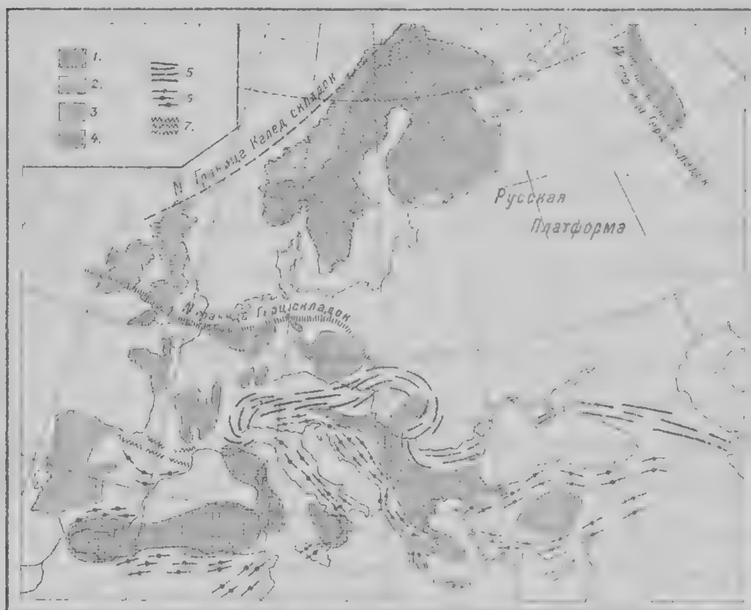
Редко случается, что новые складчатые горы возникают на месте прежних, разрушенных. Очевидно процесс сжатия, вызвавший складчатость, уплотняет земную кору в этой области и делает ее более прочной. Если в такой области движения земной коры вновь повторятся в ней не образуется значительных складок, а вместо того она поднимается в виде высокого плато лишь с небольшими складками. В этом отношении Альпы представляют исключение. В Альпийской области земная кора сохранила пластичность со времен палеозоя, так как тут находились древние складчатые горы, подвергшиеся денудации и перекрытые мезозойскими и кайнозойскими отложениями, которые подверглись новой складчатости.

Остатки наиболее древних гор в Европе находятся на Британских островах и в Скандинавии. Это - Каледонские складки конца Силурийского периода. Цепь этих складок должна была протянуться на 2400 км. при

ширине до 600 км. Со времени их образования область подверглась многим геологическим переменам.. Складки понизились вследствие разрушения, произошли многие вертикальные дислокации в различных направлениях, область была затоплена, в ней отложились более поздние слои, частями она снова поднялась и здесь позднейшие отложения были в значительной степени снесены. В результате рельеф Каледонской цепи был совершенно видоизменен и в настоящее время ее горы должны быть отнесены к реликтовым.

Ниже помещена карта складчатых зон Европы по Е. Зюссу и Марселю Бертрану, заимствованная у де Мартонна /фиг. 87/. На ней видно, что полоса Каледонских складок занимает наиболее северное положение в Европе.

Фиг. 87



Складчатые области в Европе (по Огу и Мартонну).

1-Гуронские складки; 2-Каледонские складки; 3-Герцинские складки; 4-Древние ядра, включенные в третичные складки; 5-Альпийские складки; 6-Динарские складки; 7-Пиренейские складки.

- Зона Герцинских складок, состоящих из Арморикских во Франции и Варисских в центральной Европе, которые образовались в каменноугольный период, расположена на пространстве от Средиземного моря до Северного.

Эти складки также подверглись сильнейшей денудации, сгладившей местами совершенно их рельеф, а затем большая часть их была затоплена трансгрессией, которая отложила на них новые породы. Наконец в начале Кайнозойской эры образовались Альпийские складки, самые юные на земной поверхности в настоящее время, захватившие часть области Герцинских складок и зажавшие их между своими цепями. Эти Альпийские складки проходят через стадию денудации.

Сбросовые горы.

Сбросовые горы менее значительны, чем складчатые и не могут с ними соперничать, хотя и образуют иногда горные цепи.

Сбросовые горы образуются при расколах земной коры, вследствие неодинаковых оседаний частей ее вдоль линий расколов. Они представляют собою сегменты коры, сохранившие свое относительное положение, тогда как соседние участки осели. Таковы длинные параллельные хребты плато Большого Бассейна в С.Америке /фиг. 88/. Это плато, окруженное со всех сторон высокими горами, простирается на 1290 к. в направлении N - S, имея ширину 800 к. меж-

Фиг. 88



Поперечный разрез параллельных хребтов Большого Бассейна, С. Америка.

ду Сиерра - Невада и горами Вазач. Оно пересекается продольными параллельными хребтами, поднимающимися до 900-- 1500 м. над их основаниями, ограниченными сбросами конца третичного периода. По Ле Конту / Le Conte / эти цепи являются сегментами большой геосинклинали /фиг.89/. Вся область когда то претерпела боковое давление в направлении параллели, вследствие чего она поднялась, образовав обширную геоантиклиналь. При поднятии земная

кора дала трещины параллельные оси антиклинали, а когда поднятие окончилось, давление ослабело и разбившиеся части опустились неодинаково, оставив на местах по краям опустившегося Большого Бассейна Сиерра Неваду и Вазач. Все это происходило очень медленно.

Фиг. 89.



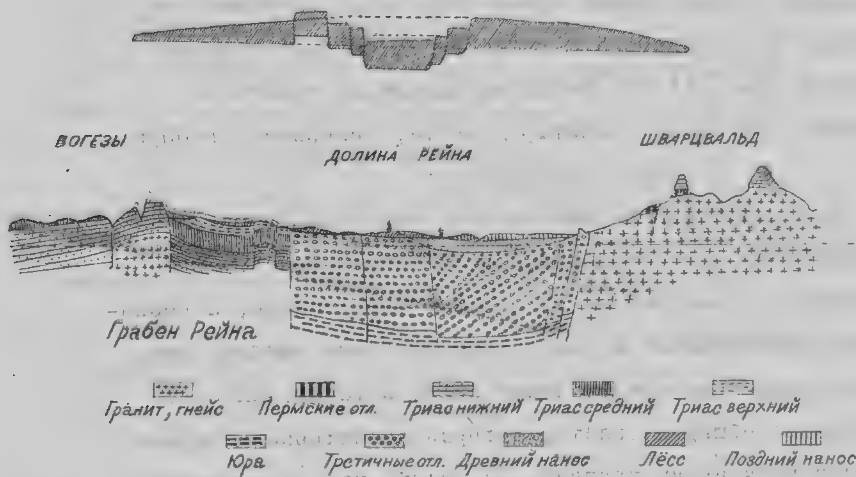
Такого рода горы встречаются и в Европе. В Германии горсты образовались вследствие сбросов в области Герцинских складок, породы которых и залегают в основании горстов, а сверху находятся более поздние отложения. Сбросовые горы не всегда бывают окружены со всех сторон сбросами, часто сброс обнаруживается только с одной стороны. Иногда сброс заменяется флексурой.

Прекрасный пример сбросовых гор Вогезы и Шварцвальд, возвышающиеся друг против друга на обоих краях Рейнской сбросовой долины /фиг. 90/. До образования долины они составляли одно целое - обширную антиклиналь, в основании которой залегали кристаллические породы, а выше - последовательные слои мезозойских пород. Антиклиналь была разбита по двум параллельным линиям, вдоль которых вершина купола опустилась и образовала Рейнскую долину. Может быть возникновение антиклинали, раскалывание и опускание происходили одновременно.

Лакколитовые горы.

О лакколитах мы уже говорили в отделе вулканических явлений, поэтому здесь ограничимся немногими словами. Название „лакколиты" было дано Гильбертом; оно значит - каменная систерна. Пример таких гор -

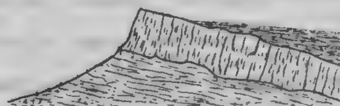
горы Генри в Штах, поднимающиеся на 1500 м. над окру-



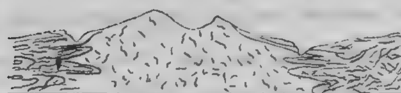
жающим их плато.

Другого рода горы, обязанные своим происхождением магматическим породам, могут образоваться вследствие обнажений пластов этих пород, застывших также на глубине, но впоследствии приподнятых вместе с окружающими их слоями других пород процессом складчатости. По происхождению их можно также считать лакколитовыми. Вершины антиклиналей давно уже разрушены, а пласты магматической породы, благодаря своей сравнительной

Фиг. 91



а
Базальтовая жила.



в
Батолит.

прочности, выступили на поверхность, предохраняя ниже

лежащие, тогда как лежавшие выше снесены /фиг. 91а/.

Также горы могут образоваться путем обнажения батолитов, обширных масс гранитных пород, застывших на глубине и не сопровождавшиеся поднятием вышележащих пластов /фиг. 91 в/. Батолиты бывают не только из гранита, но также сиенита, диорита, долерита и габбро.

Реликтовые горы.

Происхождение реликтовых гор коренным образом отличается от происхождения гор тектонических. Они образуются не вследствие дислокаций земной коры, а возникают исключительно в результате действия внешних сил. Реликтовые горы представляют собою остатки тех более или менее обширных плато, которые существовали раньше и были расчленены эрозией. Мы видим, что тектонические горы подвергаются тому же процессу разрушения с момента их возникновения, они растут разрушаясь, а с течением времени эрозия может совершенно изменить их первоначальный рельеф, но во всяком случае они остаются тектоническими горами до тех пор, пока не будут превращены в предельную равнину или пока не погрузятся в море и не покроются новыми отложениями.

Когда цикл эрозии завершится, горная область превращается в пенеплен - предельную равнину эрозии или обнажения. Таких равнин известно много; одни из них невысоки, другие образуют высокие плато. Их изучение показывает нам, что равнина эрозии может быть снова приподнята без участия складко-образовательных процессов и тогда она превратится в плоскогорье обнажения, на котором вновь начнется работа разрушающих сил. Но может быть, что вместо поднятия предельная равнина опустится и будет затоплена морем. Тогда она покроется новыми отложениями, которые уничтожат все следы прежнего рельефа. Если процесс опускания рассматриваемой области сменится ее поднятием, то может возникнуть равнина накопления и даже значительной высоты плоскогорье.

Равнины накопления характеризуются горизонтальными или слегка наклонными слоями, наложенными на более древнюю равнину обнажения, или же на неровную поверхность более древней свиты пород, если процесс эрозии не был закончен до погружения ее. В этом случае вершины более древних пород могут выступать в виде островов над уровнем равнины накопления.

Реликтовые горы, вырезанные в равнинах накопления.

По мере того, как плато подвергается эрозии, оно покрывается сетью потоков и рек, рельеф его все более вырезается и оно приобретает вид горной страны. Формы реликтовых гор зависят от состава и геологического строения равнины. Обычно равнина накопления расчленяется на пирамиды и столовые горы /фиг. 92/ и на плосковерхие хребты. Долины, разделяющие их, становятся все глубже и шире, а горы уже и ниже; в конце концов от плато остаются немногочисленные конусы, усеченные пирамиды и хребты, а еще далее - вновь образуется равнина обнажения.

Фиг. 92



Реликтовые горы, вырезанные из равнины накопления

В областях, где осадков мало, реки прорезывают долины U образной формы и каньоны, где осадков много - V образной; в первых образуются обрывистые пирамидальные горы, во вторых - более округленные. Если слои горизонтальны, то при всех других условиях получаются горы одной и той же формы.

В Саксонской Швейцарии горизонтально залегающие Мезозойские песчаники расколоты вертикальными плоскостями, расположенными приблизительно под прямым углом друг к другу. Это обусловило выработку эрозией столбов и пирамид с почти отвесными склонами, которые

только и уцелели из всей массы песчаников, остальное же все снесено денудацией, благодаря пористости и трещиноватости породы. Особенно сильно влияние мороза.

В пустынях разрушение вызывается главным образом сильными колебаниями температуры, под влиянием которых породы трескаются, крошатся, ветер подхватывает мелкие частицы, ударяет ими по породам, этим самым еще увеличивая разрушение, и переносит их куда то. Осадки в таких областях, хотя и очень редки, но за то выпадают обычно в виде ливней, которые тоже помогают общей работе разрушения. В конце концов и сухие плато расчленяются на столовые, конические и пирамидальные горы /фиг. 93/.

Фиг. 93



Высоты в Сахаре, выработанные ветром.

В некоторых полупустынных местностях, напр. к востоку от Скалистых гор, осадки выпадают в довольно значительном количестве /более 250 мм./, но они распределены неравномерно во времени. Продолжительные периоды засухи сменяются ливнями, что создает очень благоприятные условия для разрушения горизонтально залегающих слоев мягких песчаников, песков и глин Кайнозойского времени, тем более, что растительность отсутствует вследствие климатических условий. Получаются странные, неправильные формы рельефа небольшой высоты, характеризующие эти „негодные земли" / Bad Lands / запада Соединенных Штатов. Иногда эти земли выровнены эрозией и только там и сям возвышаются отдельные крутые, обрывистые холмы в форме башен / Buttes /, иногда с плоскими вершинами / Mesas /, особенно часто встречающиеся в районе каньона Колорадо.

Многие равнины накопления бывают заполнены извер-

женными породами, напр. Гебридские острова, Фарё, в Северной Шотландии, Деккан и пр. И на них эрозия вырабатывает столобразные и пирамидальные формы рельефа.

Плоскогорья накопления, в которых слои расположены не горизонтально, а имеют более или менее значительный наклон, расчленяются уже на другие формы рельефа. Если слои наклонены одинаково на большом пространстве и поверхность плато наклонена в том же направлении, то при размывании плоскогорья получится картина, изображенная на фиг. 94. Более прочные слои будут выступать в виде параллельных гребней, обрывы которых обращены к повышенной стороне первоначального плоскогорья. При других условиях залегания слоев, могут получиться очень разнообразные формы рельефа.

Фиг. 94



Реликтовые горы в равнинах обнажения. Рельеф, вырабатываемый эрозией в плоскогорьях обнажения, зависит от состава слагающих их пород и геологического строения. Формы при этом получаются разнообразные и часто похожие на складчатые горы, так что по внешнему виду различить те и другие бывает невозможно; для этого необходимо изучение их строения.

Гипотезы горообразования.

Сущность причин, вызвавших образование складок на поверхности земного шара и приведших к образованию существующих ныне нагорий, является предметом различных гипотез. Единства мнений в этом отношении не существует. Для обоснования орогенических гипотез необходимо сделать краткий обзор того, что нам уже извест-

но из предыдущих отделов относительно образования гор в древние периоды жизни земли и о расположении горных областей на ее поверхности.

Во многих горных областях установлено существование чрезвычайно мощной толщи осадочных отложений, притом мелководных, тогда как в соседних с ними местах мощность тех же отложений гораздо меньше. Это может быть объяснено тем, что нагорья образовались на местах прежних геосинклиналей.

Наиболее древние из известных нам складок относятся к архейской эре, породы которой везде сложены в складки. Из них сложены гуронские массивы, образовавшие ядра древних континентальных площадей. Можно предполагать, что между ними находились обширные геосинклинали, в которых и накоплялись морские архейские и более поздние отложения. Остатки гуронской горной цепи обнаружены на севере Европы и в С.Америке /фиг. 87/.

Последующие горные цепи располагались по окраинам гуронских массивов, таковы возникшие в силурийском и девонском периодах каледонские складки. Они обнаружены в Европе на юг от гуронской цепи и в Сахаре, т.е. по обеим сторонам геосинклинали, разделявшей северный и южный материки. За их счет увеличились архейские ядра и соответственно съузилась геосинклиналь.

Новое горообразующее движение начинается в каменноугольном периоде и продолжается в пермском; возникают герцинские складки. Они располагаются опять по окраинам континентальных площадей. В Европе это Арморикские и Варисские складки, в Африке Марокская Мезета и южный Оран. Их складки в Европе опрокинуты к северу, т.е. по направлению от геосинклинали к континентальной площади; в Африке вероятно тоже. В Азии одновременно образуются Алтаиды /Зюсс/, окружая Си-

бирский массив; тоже происходят в обоих Америках и в Австралии. Континентальные площади везде увеличиваются, геосинклинали суживаются и местами разделяются возникшими хребтами.

После относительного покоя в течение вторичной эры к середине третичного периода образуются Альпийские складки на местах геосинклиналей вторичной эры, от которых остаются только впадины Средиземного моря, Антильского моря, Малайского архипелага и впадина, окаймляющая Тихий океан.

Складки образуются по краям геосинклинали, опрокидываясь к континенту. Так в Европе Альпы расположены на северном краю геосинклинали и складки, их составляющие опрокинуты к северу; Динарские Альпы находятся на южном краю геосинклинали и складки их опрокинуты к югу - к Африканскому континенту. В Азии складки опрокинуты не в сторону современного континента, а к впадинам Тихого и Индийского океанов; это дает повод думать, что во время третичного процесса горообразования на местах этих океанов существовали континентальные площади.

Направление третичных складок чрезвычайно извилистое, гораздо более, чем у складок предшествовавших. Это объясняется тем, что они должны были приспособляться к разнородным условиям в земной коре, в смысле прочности и плотности отдельных ее участков: в одних местах находились породы уже ранее подвергавшиеся складчатости, в других же этого не было. Мы уже видели, что новые складки как бы избегают те области в которых кора была уплотнена предшествовавшей складчатостью, и потому альпийские складки иногда покидают геосинклиналь, именно в тех областях, где погружены палеозойные складки. Этим объясняют изгибы Карпат, Антильских островов и пр.

Вероятно процесс образования складок начинался

на глубине, но вслед за тем область складчатости подвергалась местами поднятию, местами погружению и таким образом образовались области воздымания и области погружения. Благодаря этому, вероятно, возникли высокие нагорья, рядом с которыми в той же зоне складчатости образовались глубокие впадины. Тогда понятно, что Кавказ возвышается между впадинами Каспийского и Черного морей, что Крым и Балканы разделены впадиной Черного моря, что Апеннины отделены от Альп равниной По и т.д.

Может быть самые континентальные площади представляют собою области воздымания; тогда Атлантический океан надо принять за область погружения, разделившую Гуронские, Каледонские и Альпийские складки. Он является теперь геосинклиналью. Индийский океан образовался на месте Австрало-Индо-Мальгашского континента вследствие его провала. Многие думают, что и на месте Тихого океана существовал огромный континент, окруженный поясом третичных складок, впоследствии погрузившийся. Глубокая впадина Северного Ледовитого океана вероятно существовала с самых древних времен; она соединилась с Атлантическим океаном вследствие оседания Северо-Атлантического континента.

Таким образом, современные горы, их рельеф в крупных чертах, обусловлены процессом складчатости и эпейрогеническими движениями. Какие же гипотезы объясняют самый процесс складчатости? Главнейших гипотез существует две: гипотеза сжатия и гипотеза изостазии.

Гипотеза сжатия. Изучение складок а также и воспроизведение их опытным путем показывает, что горообразование возникает вследствие тангенциальных движений в поверхностных слоях земли. Гипотеза сжатия видит причину этих движений в тангенциальном давлении, в сжатии земной коры, происходящем вследствие сокращения объема земного шара. При уменьшении радиуса земли земная кора постепенно оседает, причем оседающие части

производят друг на друга тангенциальное давление. Дно океанов постепенно понижается, вследствие чего окраины континентов подвергаются тангенциальному давлению и возникают геосинклинали. Далее под влиянием того же давления в геосинклинали образуются складки, опрокидывающиеся в сторону континента.

Были сделаны попытки определить на сколько сокращается земная кора при образовании складок. А.Гейм вычислил, что ширина полосы, занимаемой Юрской цепью, если расправить ее складки увеличится с 16,8 км. до 22 км.; следовательно полоса сократилась на ¼ своей ширины. Ширина Альп по расчету Гейма уменьшилась на 120 км., но им не было принято во внимание существование шарриажей, почему число это должно быть в несколько раз увеличено.

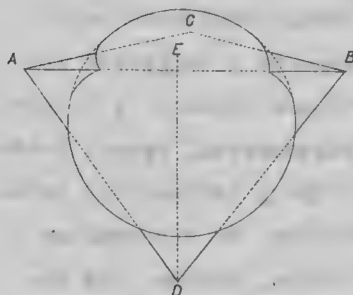
Гипотеза изостазии считает причиной тангенциальных движений стремление земли к изостазии, т.е. стремление принять форму равновесия. Равновесие постоянно нарушается сносом материала с континентов и нагрузкой его на дно океанов. Дно океанов, главным образом в геосинклиналях опускается, материки поднимаются, причем возникает давление, направленное в сторону континента, которое и приводит к образованию складок. Их простирание перпендикулярно к направлению напора, поэтому они параллельны и опрокинуты к континенту.

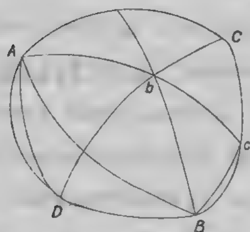
Может быть в явлении горообразования играют роль причины, указываемые обеими гипотезами. Бели-Уиллис думает, что сжатие порождает силу, а изостазия определяет направление давления. Сжатие вероятно является первоначальной причиной образования геосинклиналей, а вследствие изостазии они углубляются при накоплении осадков, в то время как соседний континент поднимается.

Вопрос о том, почему горные цепи расположены именно так, как это наблюдается на земной поверхности также должен быть разрешен орогеническими гипотезами и

потому он издавна занимал ученых. В этом отношении заслуживает внимания так называемая тетраэдрическая гипотеза Лофтиана Грина. Эта гипотеза была предложена автором для объяснения главнейших географических особенностей в строении земной поверхности. Она предполагает, что земля при охлаждении стремится принять форму четырехгранной пирамиды - тетраэдра, что основывается на опыте. Ферберн установил, что цилиндрическая труба при сжатии дает поперечный разрез в виде треугольника; Ш.Ляллеман показал, что каучуковый шар, из которого медленно вытягивается воздух, принимает форму, близкую к тетраэдру; то же происходит при разрежении воздуха в размягченных нагреванием стеклянных шарах.

Фиг. 95.





Грин предположил, что трехгранные углы тетраэдра выступают из земного шара и образуют древние массивы: Канадский, Скандинавский, Сибирский и Антарктиду, а грани тетраэдра покрыты океанами /фиг. 95/. Таким образом можно до некоторой степени объяснить расширение материков к северу и сужение их к югу, и даже смещение южных материков к востоку относительно северных и образование пояса разлома вследствие скручивания земного шара.

Однако тетраэдрическая гипотеза мало соответствует действительности, поэтому, стараясь приспособить ее, заменили тетраэдр тритетраэдром, построив

на каждой грани очень низкую трехгранную пирамиду; затем на каждую грань поместили шестигранную пирамиду, - получили гексатетраэдр и, наконец, чтобы еще более приблизить гипотетическое тело к шару, заменили плоские грани сферическими /фиг. 95/. Ребра тетраэдра предполагают совпадающими со складчатыми горами разных геологических периодов и с линиями главнейших расколов земной коры.

ВНЕШНИЕ СИЛЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ РЕЛЬЕФ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Внутренние силы создают рельеф земной поверхности, нагромождая на ней материалы; внешние силы стремятся выравнять поверхность земли, разрушая все существующие на ней неровности, хотя они могут в этом процессе „обнажения" земной поверхности временно создать более расчлененный рельеф, как это было видно на примере образования реликтовых гор.

Внешними силами являются: атмосфера, вода, ледники и море.

Работа атмосферы.

Влияние атмосферы на изменение рельефа земной поверхности обусловливается ее теплотою, ее влажностью, электрическими явлениями, в ней происходящими, и атмосферными осадками. Последние представляют собою всегда воду в том или ином состоянии, поэтому их влияние может быть следовало бы отнести к работе воды, но оно всегда сопутствует работе атмосферы и не всегда может быть отделено от нее, поэтому мы будем рассматривать то и другое совместно.

По этой же причине мы включим сюда и работу солнечных лучей, играющую большую роль в разрушении горных пород.

Выветривание

Поверхность горных пород под действием атмосферных агентов разрыхляется и распадается. Это называется

выветриванием пород.

Физическое выветривание обусловливается физическими процессами. Молнии часто ударяют в вершины гор, от чего происходит ряд трещин, а поверхность бывает оплавлена. Особенно сильно влияние резких колебаний температуры, каковые наблюдаются в сухих странах жаркого пояса и на плоскогориях. Сильное и быстрое нагревание охладившейся ночью поверхности породы вызывает отслаивание чешуек - десквамацию. Сильное охлаждение вследствие лучеиспускания ночью влечет за собою растрескивание. Породы, составленные из различных минералов, крошатся и постепенно превращаются в песок, но на вершинах гор могут откалываться и очень большие массы. Если ночью температура породы понижается до 0^{0}, то разрушение усиливается вследствие замерзания воды в порах и трещинах пород. Проницаемость пород и без влияния мороза способствует разрушению породы, так как вода, пропитывая ее, уменьшает ее прочность.

Химическое выветривание происходит под действием солнечных лучей, которые вызывают некоторые химические изменения в породах, что влечет за собою иногда изменение их цвета. Присутствие в породах воды также вызывает химические изменения, так как вода заключает в себе кислоты, соли и газы. Поэтому в породах происходит растворение, разложение, окисление и пр.

В пустынях часто песчаники и другие породы бывают покрыты блестящей темной корой - пустынным загаром. Она содержит в себе железо, марганец и фосфорную кислоту и образуется вследствие сильного нагревания пород лучами солнца при участии испаряющейся воды. Эта кора отчасти предохраняет породу от выветривания, почему ее называют защитной коркой.

Выветривание при участии организмов. Организмы играют большую роль в преобразовании верхнего слоя горных пород, в создании из него почвы. В большей части

разрыхленных горных пород обнаружены нитрофицирующие микроорганизмы, которые заимствуя из атмосферы азот, а из почвы углерод, способствуют созданию новых соединений /Работы Мюнца и С. Виноградского/ Их деятельности обязаны своим происхождением залежи селитры. Работа микроорганизмов совершается чрезвычайно медленно, но за то непрерывно и повсеместно, их присутствие обнаружено даже на голых скалах, а потому результаты ее могут иметь большое значение.

Растения имеют не меньшее значение. Лишайники и мхи поселяются на голых скалах и, содержа в соках кислоты, изменяют породу, извлекая из нее те материалы, которые им нужны для питания. Умирая, они истлевают и дают перегной, который вместе с продуктами выветривания дает почву уже пригодную для жизни некоторых более высоко организованных растений. Особенно много перегноя дают травы. Корни растений действуют механически, расщепляя породу, и химически, благодаря заключающимся в них кислотам.

Из числа животных надо указать на деятельность земляных червей, которые разрыхляют почву и пропускают через себя землю из слоев, непосредственно не соприкасающихся с атмосферой, превращая ее в перегной, выбрасываемый на поверхность. Насекомые механически передвигают частицы земли, размельчают почву и доставляют азотистые остатки. Из позвоночных животных, крот, суслики и др. разрыхляют почву, способствуют ее вентиляции, образуют мелкие неровности - бугорки, заполняют свои ходы почвой и подпочвой,перемешивая таким образом слои наконец доставляют азотистые остатки. Принимают участие в преобразовании почвы и более крупные животные.

Итак, почва вырабатывается совокупной деятельностью солнца воздуха, воды, животных и растений из верхнего слоя пород, слагающих земную кору. Изучение почвы, ее состава, свойств условий образования и географического распределения составляет предмет почвоведения, науки,

которая разработана главным образом русскими учеными - В.В. Докучаевым и его учениками и американскими.

Формы рельефа, вырабатываемые выветриванием, зависят от состава и строения пород. Этот процесс совершается не только на внешней поверхности пород, но проникает по трещинам и вглубь. Из осадочных пород особенно прорезаны вертикальными трещинами бывают песчаники, известняки и доломиты. Сланцеватые породы очень сильно поддаются выветриванию, особенно если сланцеватость пересекает слоистость.

Чем более наклонены слои пород, тем быстрее происходит выветривание. В таких местах, особенно в массивах из сланцеватых пород образуются острые разорванные гребни и пики, напр. в массиве Монблан, Аклеттаграт.

В горизонтально наслоенных породах выветривание происходит иначе. Если небольшой участок более прочной породы, лежит на менее прочных, то может образоваться столовая гора. Еще быстрее идет тот же процесс, если верхний слой пористый и лежит на водонепроницаемой породе.

Если слои расколоты многочисленными диаклазами, то породы разбиваются на кучи обломков - моря скал., а в известковых, доломитовых породах и песчаниках получаются столбообразные формы, напоминающие развалины.

Качающиеся камни , стоящие на очень небольшом основании, обязаны своим происхождением также выветриванию.

Породы неслоистые выветриваются равномерно, формы получаются округленные.

Горы являются главной ареной выветривания за исключением покрытых снегом. О влиянии климата уже было сказано, здесь же заметим, что разрушение пород выветриванием вообще уменьшается от экватора к полюсам.

Продукты выветривания остаются на месте лишь на горизонтальных или мало наклоненных поверхностях, защищенных растительностью от действия тех сил, которые могут унести эти продукты. Но это бывает редко и боль-

шая часть материалов уносится внешними силами.

Влияние тяжести.

Сила тяжести заставляет все продукты выветривания скатываться по склонам. Из них у подножия гор образуются конусы осыпей.

При пропитывании дождевою водою горных пород, а иногда просто при большом их разрыхлении, сила тяжести может вызвать обвалы и оползни громадных масс, - целых участков гор. Это частое явление в горах. Оползнями русские геологи называют отделившиеся от края возвышенности массы, которые сползают вниз по криволинейной поверхности, расположенной вогнутостью вверх. Иногда дождевая вода, проникая по трещинам в легко размываемые глинистые породы образует вместе с продуктами выветривания полужидкую массу; после сильных дождей такая масса может быстро спуститься вниз в виде грязевого потока.

Работа ветра.

Ветер является главным агентом, переносящим продукты разрушения в пустынях. Он уносит мелкие частицы пород не только на равнинах, но, проникая во все ущелья и трещины, захватывает их и там.

Эту работу углубления рельефа, производимую ветром, называют ветровой эрозией или дефляцией /Иог. Вальтер J. Walther /. Перенос ветром песка мы уже рассмотрели, говоря об эоловых холмах, поэтому теперь мы остановимся только на той части работы ветра, которая выражается в вытачивании им форм рельефа на поверхности обнаженных пород, ударяя по ним несомыми им песчинками. Это явление называется корразия.

Песок, бросаемый ветром в утесы, сглаживает понемногу все выступающие неровности, но сам вытачивает впадины и углубляет их. Сильнее всего это сказывается на основании утесов благодаря чему получаются грибообразные формы отдельных скал.

Горизонтальные слои твердых пород полируются на по-

верхности движущимся песком, а в мягких, глинистых он вытачивает длинные параллельные борозды, разделенные неправильными гребнями /ярданги/. Вихри, вращая песок и камни, иногда производят углубления - эоловые котлы.

Работа дождевых струй.

При выпадении дождя часть воды, не впитавшаяся в почву, стекает сетью мелких струй, соединяющихся далее в ручьи, потоки, реки. Все они сносят продукты выветривания и, кроме того, сами размывают почву, особенно лишенную растительности, и несут весь материал к подножию склонов. На правильных склонах они могут вырывать в некоторых породах очень глубокие параллельные рытвины, разделенные высокими гребнями, но конечно образующийся рельеф очень непрочен. Если в глинистой породе встречаются большие камни, то они предохраняют находящуюся под ними часть гребня от уноса и тогда гребни могут разделиться на ряды увенчанных пирамид /земляные пирамиды/

При неоднородном строении почвы действие дождевых струй может сначала привести к обнажению слоев более прочных пород и усилить неровности рельефа, но в конце концов оно влечет за собою понижение склонов гор, превращая их в однообразные, имеющие профиль вогнутый к небу. Только на очень водопроницаемых породах влияние дождевых струй бывает очень слабо, и тогда склоны получают профиль выпуклый, каким характеризуются меловые склоны южной Англии - downs.

Полная работа дождевых струй заключается не только в механическом вытачивании рельефа и сносе продуктов разрушения, но также и в химическом действии на породы, главным образом в растворении их, усиливающемся при действии на известняки присутствием в воде углекислоты. Борозды, производимые струями, на поверхности известняков, направляются вдоль склона; они постепенно

углубляются и разделяются на зубцы, так что вся поверхность известняков бывает покрыта зубцами, направленными своими остриями вверх по склону. Такие плато называются каррами / lapies, Karren /. На горизонтальной известковой поверхности вода корродирует преимущественно по диаклазам, благодаря чему получаются борозды, пересекающиеся под прямым углом, и поверхность принимает вид, напоминающий план города.

Отложение продуктов выветривания.

Работа рассмотренных нами агентов всегда заканчивается отложением осадков. Те частицы разрушающихся пород, которые достигают рек, подхватываются ими и отлагаются или в реках, или в бассейнах, в которые реки впадают. Но те, которые рек не достигают, отлагаются на поверхности суши и потому называются субаэральными отложениями.

Элювиальные образования /элювий/. Так называют продукты разрушения, оставшиеся на месте выветривания вследствие отсутствия сил, производящих перенос. В умеренном климате к ним относят суглинки, /смесь глины с песком и известняками/ имеющие желтый цвет вследствие присутствия водной окиси железа. В тропических странах преобладает латерит - глинистая почва, измененная благодаря сильному нагреванию, окрашенная в кирпично-красный цвет безводной окисью железа. К почвам того же происхождения относится и боксит.

Эоловые отложения - результат работы ветра. Они могут состоять из вулканического пепла, песка, /дюны/ но особенное значение имеет лёсс, желтая глинистая земля с примесью извести. Он образуется в травянистых местностях, расположенных вблизи пустынь, где трава способствует задерживанию несомой ветром пыли. Лёссовые отложения характерны для степей. Особенно мощные отложения лёсса находятся в северо-западном Китае, где он достигает до 600 м. толщины, в Туркестане, в

восточной и центральной Европе, в Ю.Америке. В некоторых областях лёсс считается отложением дождевых вод и рек.

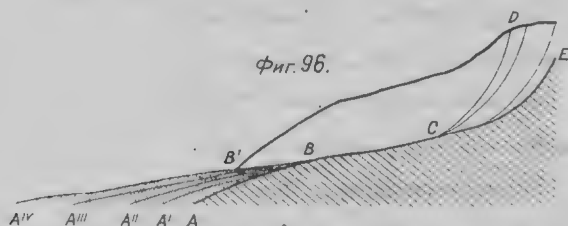
Отложения дождевых струй называются делювиальными /делювий/.[1] Стекая по склонам, дождовая вода относит более крупные частицы на меньшее расстояние, более мелкие - дальше, в зависимости от крутизны склонов. Самые мелкие частицы, отлагаясь, могут образовать лёсс.

Отложения ключей также могут быть причислены к субаэральным. Многие ключи содержат большое количество извести, которую воды их растворили, проходя через слои земли. Известь отлагается вдоль по течению источников, особенно обильно на площадях, покрытых мхом; иногда из нее образуются уступы. К таким осадкам относятся известковый туф, травертин.

Работа текущих вод.

Работа текущих вод проявляется совершенно одинаково как в маленьких потоках, так и в больших реках; разница только в размерах этой работы и в скорости.

Выпадающая на поверхность земли вода стекает по склонам местности многочисленными струями, которые чем дальше, тем больше сливаются, образуя поток. По мере его движения вниз по склону, количество воды в нем увеличивается, растет и ее живая сила. Поток вырывает себе русло, быстрее всего углубляющееся в конце склона у устья потока. Самая низкая точка в его устье называется базисом эрозии /А фиг. 96/.



От этой точки профиль склона идет регрессивно вверх. В верхней части на возвышенности

1/ deluo - смываю

сеть ручейков вырабатывает сеть рытвин, сходящихся к руслу потока, образуя со временем воронкообразную впадину; Поверхность, занятая ими представляет сборный бассейн потока / Д С Е /; он постепенно увеличивается путем размывания возвышенности и частых оползней. Соединившись, ручьи несут свои воды с массой рыхлых продуктов в русло потока, которое называется каналом истечения / В С /. Воды потока, отклоняемые различными препятствиями то в одну сторону, то в другую, с силой ударяют в его берега и отбрасываются от них под соответствующими углами, что делает ложе потока все более и более извилистым.

В устье потока отлагаются принесенные им материалы и образуют конус выноса / А В A_{IV} /.

В сборном бассейне, т.е. в верхней части потока преобладает снос материала; в средней части или в канале истечения - перенос, в нижней части - отложение или намывание.

С течением времени работа реки стремится выравнять все неровности ее русла, которое постепенно приближается к профилю равновесия. Профиль равновесия представляет собою вогнутую к небу кривую / A_{IV} В С Е /, касательную к горизонту в базисе эрозии и на столько круто поднимающуюся к верховью, что она становится почти касательной к отвесной линии. По этой кривой вода может удобнее всего стекать и переносить материалы разрушения. Когда поток достигает профиля равновесия, сила текущей воды уравновешивается трением берегов и ложа. Разные реки находятся в различной стадии; так реки России в значительной степени приблизились к профилю равновесия; они уже достигли старости.

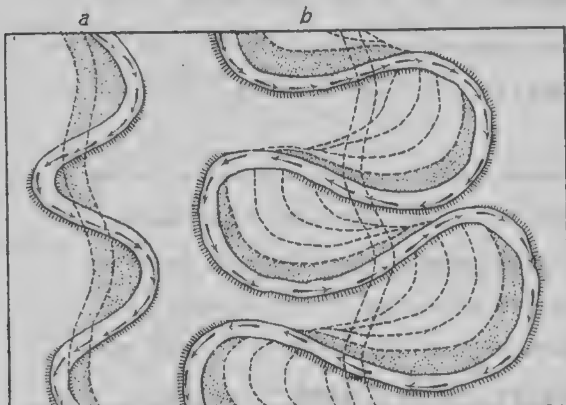
Изменение в положении базиса эрозии должно сказываться нарушением установившегося равновесия на всем течении потока. Если базис понизится вследствие

углубления реки, в которую впадает поток, или если он, сохраняя свою высоту, передвинется вверх по течению потока, вследствие размыва рекою конуса выноса его, то вновь начнется углубление русла потока, начиная от нового базиса эрозии.

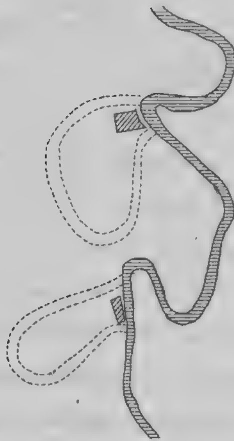
Законы, выведенные из наблюдений над потоками, приложимы и к рекам. В последних увеличивается только горизонтальный масштаб, а вертикальный сохраняется.

Если река течет по узкому руслу, то стремясь достигнуть профиля равновесия, она прорывает его все глубже; если же она протекает по равнине, то малый уклон не дает для этого достаточной силы течения и река достигает профиля равновесия, не углубляя русла, а удлиняя его путем образования излучин /меандров фиг. 97/. Течение реки, ее стрежень, т.е. линия наибольших скоростей на поверхности, приближается к вогнутому берегу и подмывает его; от выпуклых берегов течение удаляется и потому около них намываются отмели. Вследствие этого излучины увеличиваются, а промежутки, их разделяющие, уменьшаются и, наконец, во время половодья река может прорыть где нибудь промежуток; тогда русло укорачивается, падение и скорость течения увеличиваются и русло начинает углубляться. На фиг. 98 показана схема прорывов двух излучин Неккара /по Де Мартонну/ у Лауффена и Киркгейма, причем самые излучины в

Фиг.97.



в настоящее время уже высохли, чему помогло их дренирование. После прорыва излучины превращаются в озера старицы /заводи/, куда вода из реки заходит только во время разлива.


Фиг. 98.

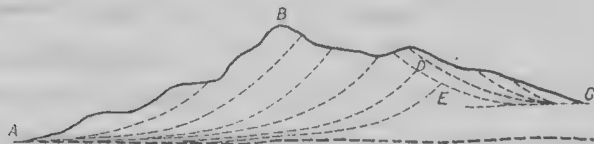
В.М. Девис различает реки по их возрасту. В юных реках профиль равновесия еще нигде не достигнут, даже в нижнем течении. В период зрелости работа рек протекает во всех отделах нормально, как это описано выше, и профиль равновесия не достигнут лишь в верхнем течении. В старости равновесие установилось везде, река уже не углубляет русло, но удлиняет течение, образуя излучины. Течение на столько замедляется, что даже в средней части реки происходит отложение /аллювий/. Эрозии почти нет даже в верхнем течении.

Когда с одной и той же возвышенности текут две реки по противоположным склонам, то долины их, постепенно отступая в верховьях, сближаются, сходятся и истоки рек. В разделяющем бассейны гребне образуются проходы, которые со временем расширяются, и в конце концов от гребня могут сохраниться лишь останцы - отдельные возвышения, избежавшие разрушения. Так как реки, ручейки и струи дождевой воды текут по всевозможным направлениям, то вся местность должна со временем превратиться в пенеплен. Углубления будут заполнены отложениями продуктов разрушения.

Если один склон возвышенности круче другого или базисы эрозии рек противоположных склонов лежат на

различных высотах, то одни реки эродируют быстрее других и наблюдается перемещение линии водораздела,

Фиг. 99.



а может произойти и захват одною рекою бассейна другой. При этом приток одной реки присоединяется к противоположной, отрываясь от первой /Фиг. 99/.

Работа речной эрозии происходит различно в местностях с различным составом пород. Очень легко размываются рыхлые обломочные породы, такие же вулканические коренные и речной аллювий. В таких породах русла рек имеют значительную ширину, так как берега легко подмываются водою.

В песках, пористых песчаниках и в меловых породах эрозия происходит медленнее.

В глинистых, непроницаемых породах долины рек и ручьев узки и очень разветвлены, в поперечном разрезе они имеют форму V.

В плотных породах: известняках, песчаниках, изверженных породах, иногда в сланцах, мало проницаемых для воды, реки прорезывают долины с вертикальными или нависшими стенами. Здесь иногда водовороты при помощи песка и гальки высверливают исполинские котлы - цилиндрические и конические углубления, которые, расширяясь соединяются друг с другом, образуя извилистый канал.

В гранитных породах работа текущей воды приводит к разветвленным узким крутым U образным долинам.

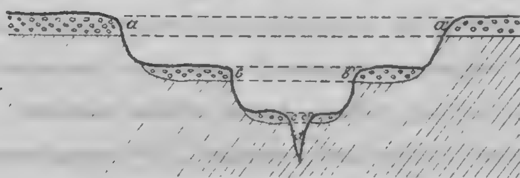
В сильно растрескавшихся известняках вода уходит через трещины в подземные пустоты, происшедшие вследствие растворения. Далее она течет под землею, иногда

в виде настоящих подземных рек, и затем где нибудь вытекает на земную поверхность. Потолки подземных галлерей часто обрушиваются, обломки постепенно уносятся водою и таким путем известковые области покрываются долинами с отвесными стенами и плоским дном U образной формы.

В местностях, сложенных из слоев различной прочности, очевидно и эрозия идет не одинаково быстро в разных частях профиля реки. Более прочные слои вызывают нарушение правильности кривой профиля. Часто образуются водопады. Но постепенно всякий водопад вследствие разрушения, непрерывно продолжающегося хотя бы и в самых прочных породах, отступает от устья вверх по течению. Известный пример - Ниагара, которая отступает ежегодно на I.64 м.

На склонах многих долин наблюдаются террасы, высоко поднимающиеся над уровнем реки и следующие за всеми ее излучинами. Нельзя думать что террасы существовали ранее излучин, так как в этом случае река, стремясь к профилю равновесия, прорила бы более короткое и прямое ущелье. Существование террас объясняется изменением величины падения рек, которые первоначально уже достигли профиля равновесия на древней равнине, образовали на ней излучины и покрыли ее аллювием /а а' фиг.I00/. Когда произошло увеличение падения реки, она прорыла себе более глубокое русло,

Фиг. I00.



углубившись через аллювий предшествовавшего цикла; по-

степенно она вновь достигла равновесия и покрыла аллювием равнину уже на уровне ББ'. Если обновление реки произошло еще раз, она прорезала и этот аллювий, который образовал террасу. На чертеже показано образование террас, соответствующее трем периодам обновления.

Причин обновления рек может быть две: I/ Поднятие местности при неподвижности базиса эрозии, другими словами изменение наклона местности, при котором река постепенно углубляет русло; вероятно именно эта причина вызывает такие глубоко прорезанные ущелья с отвесными краями, как каньоны. 2/ Понижение базиса эрозии вследствие опускания уровня моря или поднятия всей материковой области. В случае первой причины разница в высоте террас уменьшается к устью, в случае второй - к верховью.

Если вся местность опускается, то отложения аллювия постепенно распространяются на всю длину реки и, наконец, река дряхлеет, теряясь в собственных отложениях.

Осадки, отлагаемые текущими водами, называются аллювием /некоторые называют их дилювием/; они по большей части представляют собою обломочные отложения. Таковы галечники, гравий, пески и суглинки. Им свойственно косое напластование.

Работа ледников.

В тех областях, где снег выпадает в большом количестве, он скопляется во впадинах массами значительной мощности. Под влиянием собственного веса он уплотняется, в нем образуются зерна, включенные в менее твердую массу, пронизанную воздушными пузырями. Образовавшаяся плотная масса белого цвета называется фирном /или неве/. Постепенно под влиянием продолжающегося и увеличивающегося давления, пузырьки воздуха вытесняются, лед становится более однородным, более прозрачным и получает

голубой цвет. Это - глетчерный лед. Там, где глубина достаточна, фирн всегда подстилается глетчерным льдом.

При накоплении снега в высоких частях горной области, происходит увеличение масс фирна и льда и эти массы начинают сползать вниз по склонам. По мере движения лед становится более крупно-зернистым, прозрачным и плотным. Температура льда в разных частях ледника различна. На поверхности она колеблется в зависимости от времен года, на глубине же температура равна температуре его таяния и следовательно определяется давлением: чем глубже, тем температура ниже.

Благодаря неравномерному выпадению снега, образующийся из него лед отличается слоистостью, которая всегда свойственна глетчерному льду и особенно фирну.

Всякий лед, а потому и глетчерный, обладает способностью смерзания, вследствие которой отдельные куски льда при температуре таяния спаиваются при соприкосновении.

В движении ледников важную роль играет пластичность, которой лед обладает в высокой степени.

Ледники образуются лишь там, где земная поверхность поднимается выше границы вечного снега. Высота этой границы определяется климатическими условиями местности и зависит главным образом от температуры и влажности воздуха, поэтому она бывает различна даже в различных частях одной и той же горной области. В центре нагорья она лежит выше, чем на его окраинах. В европейских горных цепях она лежит ниже на северных склонах, чем на южных.

Влажность воздуха способствует образованию ледников, сухость - наоборот, поэтому в Сибири ледники развиты сравнительно слабо, даже в высоких широтах и наблюдаются только на высоких нагорьях.

Все ледники можно разделить на две главных группы:

ледниковые покровы и горные ледники.

Ледниковые покровы бывают континентальные и местные.

Континентальные ледниковые покровы /инландсейсы/ наблюдаются только в полярных странах. Здесь, благодаря небольшой высоте границы вечного снега, которая однако везде лежит выше уровня моря, массы льда покрывают огромные площади, даже целые континенты, напр. Антарктику, и такие острова, как Гренландию, Баффинову Землю и др. В таких областях ледяные массы спускаются из срединной области к периферии, покрывая всю область; они бывают прорезаны лишь отдельными вершинами - нунатаками. Площадь Гренландского покрова около 2000000 кв. км.

В широтах, более удаленных от полюсов, ледниковый покров распространяется на гораздо меньшие пространства и образует на плоскогорьях лишь местные ледниковые покровы, которые обыкновенно отделяют от себя несколько расходящихся по долинам горных ледников. Они встречаются в Скандинавии, на Исландии. Их называют ледниками скандинавского типа.

Горные ледники питаются каждый своим бассейном и подразделяются на долинные, ледники предгорий, ледники вулканических конусов и висячие.

Долинные ледники называются также альпийским типом ледников. Их можно назвать ледяными потоками. Как и потоки они вытекают из бассейна питания и текут вниз по долинам, принимая форму языка. Долинные ледники бывают или простыми, или сложными; последние образуются от слияния нескольких самостоятельных ледников.

Ледники предгорий - образуются из слияния нескольких простых или сложных ледников, спустившихся на прибрежье и образовавших здесь одну обширную массу льда с почти горизонтальной поверхностью. Таков ледник Маляспина у подножия Св. Илии и Логан в Аляске и

многочисленные ледники Атарктики на западном побережьи моря Росса.

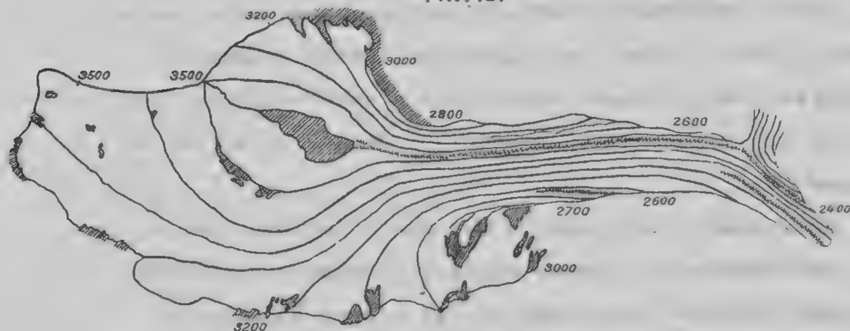
Ледники вулканических конусов образуются из фирна, покрывающего вершину вулкана, и спускаются по баранкосам. Таковы ледники на Ян-Майене, Килиманджаро, горы Шаста в Калифорнии.

Висячие ледники /пиринейский тип ледников/ покрывают вершины многих гор или даже хребтов, где отсутствуют условия благоприятные для образования долинных ледников. Они не сползают вниз, но теряют лед вследствие постепенного отрывания масс от нижних краев. Эти глыбы скопляясь у подножия вершин дают начало отдельному возрожденному леднику. К последним относятся цирковые ледники, заполняющие впадины вроде ниш на склоне гор вблизи их вершин, окруженные отвесными скалами.

Во всех частях ледника сверху до низа лед движется и течет, как пластичное вещество, подобно смоле.

Движение льда в общем происходит по тем же законам, как течение жидкостей: скорость движения льда уменьшается от поверхности ко дну и от середины к краям ледника; она пропорциональна уклону и увеличивается по мере сползания ледника; она растет с увели-

Фиг. 101



чением толщины льда и с сужением ложа. На фиг. 101 по-

казаны пути льда в сложном леднике Хинтерейс.

Для наблюдения скоростей различных точек ледника забивают поперек его вехи в одну линию. Через несколько времени эта линия изгибается, крайние вехи отстают, средние же выдвигаются вниз по течению. Линия наибольших скоростей, как в реке, приближается то к одному берегу, то к другому. По наблюдениям Валло / J.Vallot / лед движется в 10000 раз медленнее, чем вода при том же уклоне. Скорость движения льда наблюдается от нескольких миллиметров до 1,25 м. в час.

Вследствие недостаточной пластичности льда при движении ледников их поверхность всегда бывает покрыта трещинами. Большая поперечная глубокая трещина почти всегда отделяет фирновую область от области истечения. Поперечные же трещины, и при том не одна, наблюдаются в местах перелома продольного профиля ложа; они суживаются в глубину. У берегов ледника, вследствие разности в скоростях у краев и в середине ледяного потока, всегда образуются краевые трещины, направленные от краев ледника под острым углом вверх. Продольные трещины появляются в нижней части ледника там, где его ложе расширяется; они расширяются книзу.

В тех местах, где лед потока подвергается таянию, трещины расширяются и дают начало образованию глыб причудливой формы, называемых сераками.

Хотя в фирновой области постоянно происходит накопление снега и льда, но ледники не растут непрерывно в объеме, который лишь колеблется в некоторых пределах. Расход или унос льда происходит благодаря испарению и таянию.

Испарение с поверхности ледника происходит везде; оно увеличивается с увеличением инсоляции и при сухих ветрах. Величина испарения до сих пор не определена.

Таяние льда происходит и на поверхности ледника и на глубине и, конечно, также зависит от атмосферных

условий. У краев ледника таяние сильнее, чем по середине, благодаря чему поверхность ледника имеет всегда выпуклый профиль в противоположность фирновой области, расположенной за пределами таяния и имеющей вогнутую поверхность. Пыль и особенно морены способствуют таянию льда, имея большую теплопроводность.

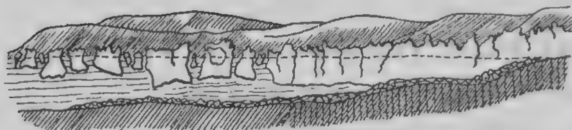
На дне ледника таяние происходит вследствие влияния поверхности земли, имеющей температуру выше температуры таяния льда.

Язык ледника спускается до той высоты, на которой унос льда вследствие испарения и таяния равен притоку его из верхних частей, а это наблюдается в местах, расположенных гораздо ниже границы вечного снега. В Альпах многие ледники распространяются до областей, занятых хвойными лесами, а в Новой Зеландии они опускаются даже до области древовидных папортников.

Потоки, образующиеся от таяния ледников, текут и по их поверхности, и в середине, пролагая себе путь по трещинам, и по дну долины. Последние особенно важны; их называют ледниковыми потоками; они несут в своем течении массу рыхлого материала, который и отлагают в виде ледниково-речных или флювио-гляциальных отложений.

В полярных странах, в ледниках, достигающих уровня моря, унос льда происходит не только путем испарения и таяния в виде паров и воды, но также и путем отделения масс льда в виде ледяных гор /айсбергов/, которые уносятся морем. Схема их отделения показана на фиг. 102 по Голланду / Helland /.

Фиг.102.



В положении ледников замечаются колебания: ледники то наступают, то отступают. Явление это понятно: когда питание ледника превышает унос, ледник должен наступать; наоборот при преобладании уноса ледник отступает.

Сырые и холодные периоды увеличивают количество фирна и льда в бассейне питания, но это увеличение объема отзовется на удлинении ледника лишь спустя несколько лет, так как лед движется очень медленно. Поэтому периоды наступания ледников не совпадают с периодами вызывающей это явление причины, но запаздывают. Подмечено некоторое соответствие периодов наступания с 35 летними периодами Брюкнера в колебаниях климата.

Ледники участвуют в выработке рельефа земной поверхности, таким же образом, как текущие воды, но при этом получаются уже другие формы.

При движении ледника он увлекает все обломки пород, устилающие его ложе, и кроме того лед своим давлением отламывает выступающие части пород. Все эти обломки вмерзают в массу льда и действуют, как резцы, истирая ложе. Поверхность твердых пород полируется, мягкие покрываются глубокими параллельными шрамами и быстро разрушаются. Выступы твердых пород, находящиеся в ложе ледника, округляются и превращаются в курчавые скалы /бараньи лбы/, имеющие склон, обращенный вверх по течению, более крутым, чем противоположный.

Долины, освободившиеся из под ледников, имеют плоское дно и крутые склоны, т.е. U образный поперечный разрез, тогда как долины, прорытые в тех же породах текущей водою имеют разрез в форме V .

В продольном профиле ледниковые долины имеют форму корыта, как это мы видим на примере фиордов, которые отделяются от моря скалистым возвышением.

Это можно объяснить только эрозией льда, так как в речных долинах подобного явления существовать не может. Ледники несомненно углубляют занимаемые ими долины; это видно также из того, что боковые долины, впадающие в них, не согласованы с главными и потому текущие по ним ручьи ниспадают каскадами в ледниковую долину. Подобных висячих боковых долин в речных бассейнах не наблюдается; там продольные профиля всех долин согласованы.

Однако существует и противоположное мнение о работе ледников по изменению рельефа, которое опирается на некоторые наблюдения, еще недостаточно изученные. Представители его отрицают эродирующее действие ледников и думают, что ледники даже предохраняют занимаемые ими долины от разрушительного действия текущих вод.

Работа ледника сопровождается работой ледникового потока, который прорывает от устья к верховью узкое ущелье в нижней части ледниковой долины и прорезает скалистый порог, находящийся в этом месте.

Перейдем теперь к работе переноса и отложения, совершаемой ледниками.

Ледники переносят не только тот материал, который отрывается от ложа работой самого льда, но в еще большем количестве те продукты разрушения окружающих вершин, которые получаются под действием атмосферных агентов и падают на фирн бассейна питания и на самий ледник как большими глыбами, так и мелко раздробленными. Все эти продукты переносятся ледником вниз, или оставаясь на его поверхности или же передвигаются по дну. Там, где ледник растаивает, продукты разрушения отлагаются, образуя скопления, называемые моренами.

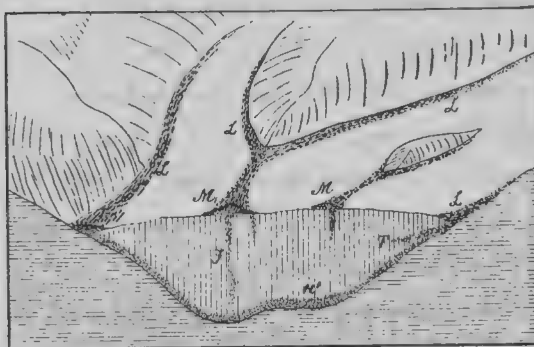
Пока ледник движется, морены также называются движущимися. Они подразделяются следующим образом.

Движущиеся морены.
- Поверхностные
  - Боковые
  - Срединные
- Внутренние
- Нижние

Поверхностные морены образуются из скопления падающих на ледник с его берегов обломков пород. Обыкновенно они представляют собою валы, тянущиеся вдоль берегов ледника, которые называются боковыми моренами / L фиг. 103 /. Если ледник обтекает выдающуюся из его потока скалу, то она дает начало гряде посередине ледника - срединной морене / M /; срединные морены образуются также из боковых при слиянии ледников / M, /.

Нижняя морена / K' / представляют собою поток обломочного материала, увлекаемый потоком ледяным по его дну. Она образуется из глыб, загромождающих долину, и из обломков скал, отламываемым ледником от ее дна, перетирающихся при движении друг о друга в ил, песок и гравий, смешанные с валунами.

Фиг. 103.



В том месте, где соприкасаются массы двух соединяющихся ледников, обломки донной морены внедряются между ними и образуют внутреннюю морену / J /. Внутренние морены образуются также из тех обломков, которые заваливаются снегом в области фирна, и из тех, которые проваливаются в трещины ледника.

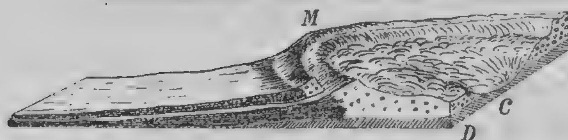
Происхождение поперечных морен / T / объясняют также вдавливанием материалов донной.

Движение морен прекращается, когда они достигают

области таяния ледника; они отлагаются и образуют неподвижные морены. Мы не будем приводить подробную классификацию этих морен, а укажем только важнейшие названия. Поверхностные морены, отлагаясь, превращаются в береговые морены, если они расположены по берегам ледника, и в конечные морены, если они находятся у конца его. Те и другие нагромождаются сверх нижней морены, которая превращается в глубинную или донную; поверхность ее бывает или довольно ровная или холмистая вследствие образования небольших холмов - друмлинов.

Если ледник долгое время оставался на месте, то конечная морена нагромождается в виде высокого поперечного вала, соединяющего береговые морены. Когда ледник отступит его конечная морена образует моренный амфитеатр / *M* фиг. 104/, окружающий центральную впадину / *C* /, заполненную раньше языком ледника, часто переуглубленную и занятую озером или болотом. Вокруг нее располагаются друмлины /*D*/, примыкающие к подковообразному валу конечной морены. Эта морена имеет крутой склон со стороны ледника, а с противоположной она переходит пологим склоном, называемым переходным конусом, в равнину, покрытую ледниково-речными отложениями. Все эти образования вместе составляют ледниково-речной комплекс.

Фиг. 104.



Многие озера горных областей занимают центральные впадины прежних ледников; они отгорожены от лежащей ниже долины валами конечных морен, достигающими значительной высоты.

Ледники начала четвертичного периода своей эрозией и своими отложениями определили ландшафт многих областей земного шара, как это было описано в соответствующем месте.

Работа моря.

Работа моря уже была подробно рассмотрена в статье о морских берегах.

ОБЩИЙ ХАРАКТЕР РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Изучение работы внутренних и внешних сил и исследование форм рельефа, ими вырабатываемых, позволяет подразделить эти формы в зависимости от их происхождения и обосновать систематическое изучение рельефа различных стран. Подобное изучение не входит в программу настоящего курса и потому мы лишь укажем на превосходные обзоры, сделанные Лаппараном / A.de Lapparent. Leçons de Géographie physique / и Эд. Зюссом / Ed.Suess. Das Antlitz der Erde /.

Что же касается до общего характера рельефа земной поверхности, то, хотя о нем и говорилось уже в отделе о вертикальном ее расчленении, мы все таки остановимся на главнейших чертах этого рельефа.

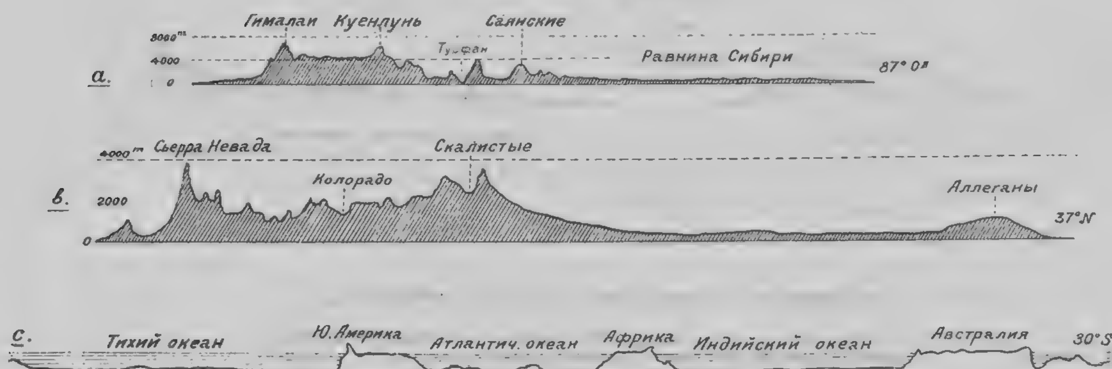
Главная его черта - диссиметрия, которая так бросается в глаза на профилях материков и океанов, построенных на какой угодно плоскости.

Разрез по меридиану 87° О показывает, что в Азии наибольшие высоты находятся на юге материка /Гималаи, Тибет и пр./, в середине лежит глубокая /100 - 150 м./ впадина, не покрытая водою, Люкчунская котловина / Турфан, фиг. 104 а/, к северу континент постепенно понижается.

В С.Америке /фиг. 104 в/ наибольшие высоты расположены на западе, откуда материк опускается к Атлантическому океану и только Аллеганские горы нарушают его

однообразие. Прилагаемый разрез сделан по параллели 37° N.

Фиг. 104 А.



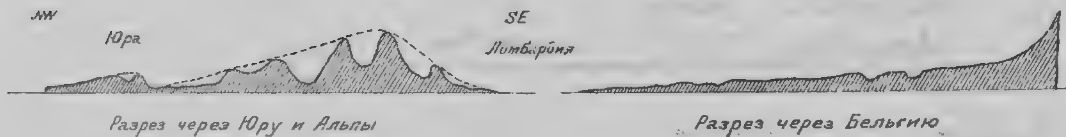
- То же самое резко выступает и для Ю.Америки на разрезе, сделанном по параллели 30° S через весь земной шар /фиг. 104 с/. В Африке и Австралии диссимметрия заметна менее благодаря общему массивному строению этих континентов, но все таки и на них наибольшие возвышенности расположены не по середине, а на восточных окраинах.

В Европе и в Австралии наибольшие высоты удалены от берега около 250 км.; в Ю.Америке и в Африке около 500 км.; в Азии больше, но и там не в середине материка.

Если на профиле какой либо горной области или вообще какой либо достаточно большой части материка провести кривые, касательные к главным точкам излома профиля так, чтобы представить характер кривизны профиля, то получатся кривые, <u>вогнутые к небу</u>. Это видно на фиг. 105, представляющей сечение Юры и Альп с NW на SO и профиль Бельгии. Такой вид имеет, как известно, профиль равновесия текущих вод, следовательно мы в праве заключить, что поверхность континентов и в общих чертах носит отпечаток работы эрозии. Этот отпечаток отсутствует только в тех областях, где благодаря

климату работа текучих вод не заметна. Эти понижение

Фиг. 105.



области, лежащие в центральных частях материков, являются областями провалов-грабенов. Таковы Сирийско-Африканский грабен /Мертвое море, уровень - 395 м./, долина смерти в Скалистых горах / - 20 м./, пустыня Колорадо / - 100 м./, Люкчун / - 150 м./.

О рельефе дна океанов мы говорили уже неоднократно, поэтому, не останавливаясь на описании его, укажем, что глубоководные котловины никогда не занимают середины, а располагаются или вдоль материков или вблизи гряд островов. Дно океанов повсюду выпукло. Их диссиметрия обратна диссиметрии материков, так что часто они дополняют друг друга.

Рассмотрев все вышесказанное, мы приходим к выводу: Всякая главная линия рельефа /как высот, так и глубин/ образуется пересечением двух склонов, неодинаково наклоненных к горизонту. Более крутой склон обращен к более глубокой впадине, обыкновенно занятой морем; более пологий опускается к области менее резко выраженного понижения. Крутой склон возвышенности часто является и склоном глубоководной впадины; фиг. 106 дает некоторые примеры.

Все это указывает на то, что боковое давление заставило земную поверхность уменьшать свою поверхность, приспособляясь к уменьшающемуся объему ядра; это выразилось или образованием складок, или появле-

нием расколов и вертикальным смещением участков коры

Фиг. 106.



Разрез по параллели 20° S.

Разрез через Нов. Каледонию и впадину Тонга.

вдоль плоскостей этих расколов.

В среднем выводе области наибольшего повышения и понижения земной коры расположены также в одних и тех же зонах широты, именно $30^0 - 40^0$ N и $10^0 - 30^0$ S, как это было показано ранее в таблице распределения средних высот и глубин.

Образование океанов и материков.

Карта изобат показывает, что если бы уровень океана понизился даже на 2000 м.; то общий характер очертаний материков сохранился бы. В этом некоторые видят, подтверждение того, что главнейшие черты рельефа земной поверхности сохранились с древнейших времен. Однако другие оспаривают такое мнение. Мы познакомились с изменением географической картины земли в течение геологических периодов и можем сказать, что современный взгляд допускает, что в рельефе земной поверхности произошли значительные изменения. Прочными элементами являются только первоначальные континентальные массивы - щиты: Канадский, Скандинавский, Сибирский и может быть некоторые другие. Эти массивы росли путем присоединения к ним участков, поднимавшихся по их окраинам в виде складчатых областей. Северо-Атлантический

континент не может считаться прочным элементом, так как от него уцелели лишь небольшие части. Африкано-Бразильский также разделился на два континента глубокими впадинами южного Атлантического океана. Австрало-Индо-Мальгашский континент погрузился,--оставив выше уровня океана лишь небольшие осколки: Мадагаскар, Индию и Австралию.

И океаны не могут считаться прочными образованиями. С. Атлантический образовался лишь недавно, Ю.Атлантический также за исключением своей самой южной части, которая может быть существовала издавна. Индийский возник на месте опустившегося континента. Долгое время Тихий океан считался одним из самых прочных элементов земной поверхности, но теперь существуют защитники мнения, что и он возник на месте бывшего материка.

Таким образом, пока еще нельзя категорически решить, насколько прочны материки и океаны вообще. Можно лишь с большой вероятностью допустить, что континентальные архейские массивы являются самыми прочными образованиями и также некоторые геосинклинали, и то лишь в некоторых своих частях.

Затем, можно еще утверждать, что современные континенты хотя и погружались ниже уровня океана, который заливал на них огромные пространства во время некоторых трансгрессий, но они никогда не опускались на дно глубокого моря.

Остановимся особо на вопросе об океанах.

Тихий океан есть наибольший водный бассейн земного шара; он занимает около 33 о/о поверхности земли. Его очертания везде совпадают с линиями главнейших дислокаций земной коры. От м. Горна до Аляски большие глубины от 2000 до 4000 и даже до 7000 м. подходят очень близко к берегам Америк и крутым склоном земная кора поднимается в Андах над дном океана до 11000 - 12000 м. Со стороны Азии океан ограничен цепями островов, настоящих

горных хребтов, располагающимися рядом с глубочайшими впадинами. И здесь берега расположены вдоль главных линий дислокаций, почему океан, как нам известно, окружен кольцом вулканов. Получается впечатление, что Тихий океан есть огромная область опускания. Его контур близок к большому кругу, по одну сторону которого расположены почти исключительно водные поверхности, по другую почти материковые.

Берега Атлантического океана имеют совершенно иной характер: они перерезывают под прямым углом главные линии дислокаций, напр. Пиренеи, Атлас. Совершенно отсутствуют современные цепи гор, которые бы шли вдоль его берегов, да и древние Гуронская и Каледонская складчатые зоны перерезаны ложем океана. Вулканическая деятельность проявляется на его берегах лишь в немногих местах, а сосредоточивается вдоль серединной геантиклинали - подводной возвышенности, разделяющей океан на две котловины: восточную и западную.

Если геологическая история Тихого океана нам почти не известна, то относительно Атлантического имеются многие указания. В противоположность первому второй образовался сравнительно недавно. Наиболее древнею его частью было продолжение Тетиса, затем сформировалась южная часть, а позднее северная. Особенностью Атлантического океана является широкая материковая отмель, которая в Тихом океане очень узка.

Индийский океан образовался на месте континента Гондваны значительно позже Тихого. Берега его смешанного типа, отчасти Тихоокеанского, отчасти Атлантического.

От Тетиса в настоящее время остались: Американское Средиземное море, Европейское Средиземное и Австралийско-Азиатское. Моря эти образуют ряд глубоких впадин, а вдоль их располагается зона новейших

складок и отчасти древних. Кроме того этот пояс разлома характеризуется интенсивной вулканической деятельностью, в нем же очень часто проявляется и сейсмическая. Область Тетиса являлась в течение всей истории земли наиболее подверженной преобразованию, то путем возникновения складок, то путем оседаний-провалов отдельных участков. Многими указывалось, что в этом же поясе разлома земной коры произошло скручивание, вследствие чего южные континенты перемещены к востоку относительно северных.

Гипсографическая кривая указывает, что в среднем выводе океаны являются областями опускания земной коры, а глубоководные впадины - провалами /грабенами/.

ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ.

Попытки выразить цифрами возраст земли делались неоднократно. Впервые Ч.Дарвин на основании соображений о времени, потребном для образования долины Weald, пришел к заключению, что на это понадобилось около 300000000 лет, и, таким образом, он положил начало определению абсолютных значений геологических периодов.

Способы определения возраста земли основаны на различных соображениях.

Геологические способы определяют время, потребное для накопления наблюдаемого теперь количества солей в океанах, или же время, необходимое для отложения осадочных пород.

Текучие воды разрушают поверхность суши, действуя на нее химически и механически. Для определения количества материала, растворенного водою, проделали ряд анализов свежих образцов горных пород и выщелоченных и нашли, что около 30 о/о растворяется, а около 70 о/о остается, следовательно растворяется около 0,3.

Надо найти еще сколько материала сносится всеми ре-

ками, а для этого необходимо определить: площади бассейнов всех рек, годовой расход воды в них и проделать анализ их вод, чтобы узнать сколько в них находится материала.

Дж. Моррей выполнил такую работу в 1887 г., основываясь на данных всего лишь 19 рек. Впоследствии результаты были улучшены Кларком / F.W.Clarke /. По его вычислениям ежегодно уносится химическим сносом 2500000000 тонн, а механически во взвешенном состоянии 6.000.000.000 тонн. Итого, всеми реками сносится с суши 8.500.000.000 тонн, что соответствует сносу слоя в I фут толщиною в 8.600 лет /химически в 30000 лет и механически в 12000 лет/.

В действительности отдельные реки сносят слой в I ф. в очень различные промежутки времени; напр. Ирравади в 400 лет, По в 850 л., Гудзон, текущий среди древних кристаллических сланцев, только в 47500 л. При выше указанных расчетах принимали: средняя плотность пород 2,6; вес I куб. фута 165 англ. фунт.; вес I куб. мили земной поверхности 10.800.000.000 тонн.

Но кроме сноса реками надо учесть разрушение, производимое морем. Эта работа до сих пор может быть оценена лишь по отдельным местным наблюдениям. Гролль принимает для Англии, что полоса шириной в 3 фута разрушается в течение 100 лет. А. Гики для того же срока принимает ширину полосы в 10 ф., а Уатс - ширину в 100 ф. Взяв цифру Гики, получим для береговой линии всей суши /125000 м./, считая высоту берега 150 ф., около 700000000 тонн разрушаемого морем материала в год. Из этого числа не все отлагается на материковой отмели, а лишь около 200000000 т., так как около 300000000 отложится в более глубоких частях океана, а около 200000000 растворится в воде океана.

Складывая с полученной выше величиной сноса реками, найдем, что ежегодно на материковой отмели отлагает-

ся 8500 + 200 = 8700 миллионов тонн или кругло 9000000000 тонн.

Из всех материалов, сносимых в океан, одна лишь натр не расходуется, тогда как все другие вещества поступают в отложения, образуя или непосредственно химические соединения или же они усваиваются организмами для их скелетов. Предполагая, что первоначально натра в воде океана совершенно отсутствовал, можно вычислить во сколько лет произошло его накопление до наблюдаемого ныне количества.

Жоли / Joly / предположил, что ежегодный вынос натра реками не менялся во все времена. Пусть он будет Na_t, а количество натра теперь в океане = Na_0. Тогда $\frac{Na_0}{Na_t}$ даст искомый промежуток времени. Жоли получил 80 - 90 миллионов лет /1899г./, а затем увеличил его еще на 10. Соллас / Sollas / нашел тем же способом пределы для возраста океана 80 - 150 миллионов лет.

Кларк вновь определил наиболее точными возможными способами данные, послужившие основанием для подсчета Жоли. Беккер исходя из этих новых данных, повторил вычисления, причем ввел важные поправки. Он считает, что при возникновении океана суша состояла исключительно из изверженных пород и потому в начале накопление натра в океане шло быстрее, чем теперь, когда около $\frac{3}{4}$ суши покрыто осадочными породами, содержащими менее этого вещества. Кроме того, он допускает, что в прежние геологические периоды поверхность суши составляла 80о/о от современной, и получает возраст океана от 50 до 70 миллионов лет, ближе ко второму.

Такой же расчет сделан Холмсом / A.Holmes /. Объем океана согласно Карстенсу / Karstens / 307496000 куб. миль.

По Мэррею средняя плотность воды = 1,026.

Масса воды в океане = 1.178.270 x 10^{12} тонн.

Средняя соленость по Дитмару = 3,5 о/о.

Содержание натра в морской воде по Дитмару = 1,08о/о

Следовательно, общее количество натра в океане

Na_0 = 12600 x 10^6 тонн.

Ежегодное приращение Na_t = 156.000.000 тонн.

Отсюда $\frac{Na_0}{Na_t}$ = 80,8. Это и есть возраст океана в миллионах лет.

К этому расчету можно сделать некоторые поправки.

а/ Не весь натр, растворенный водами, мог скопиться в океане. Часть его могла остаться на суше, где действительно и встречаются залежи, содержащие большие количества его. Однако, если принять во внимание, что весь натр, извлеченный из океана, покрыл бы поверхность суши слоем в 120 ф. толщиной, то существующие на суше залежи надо признать сравнительно ничтожными.

в/ Вследствие пористости осадочных пород вода океана проникает в них и при поднятии части морского дна, при превращении ее в сушу, значительное количество натра должно извлекаться из океана. При трансгрессии это количество вновь вернется океану и потому надо принять, что часть натра всегда находится в круговороте между сушей и океаном. Объем осадочных пород /кроме глубоководных/ на суше в настоящее время грубо определяется в 70.000.000 куб. миль, а их пористость по крайней мере 10 о/о. Считая, что земная поверхность пережила три географических цикла, можно принять объем всех когда либо существовавших осадочных пород в 210.000.000 куб. миль, их пористость 21.000.000 куб. миль, а соответствующее количество натра 420.000.000 тонн. На извлечение его современными реками потребовалось бы около 3.000.000 лет.

с/ Ветер, срывая гребни волн, уносит часть воды и натра на береговую полосу. Произведя анализ дождевой воды, стекающей в этой полосе, и подсчитав ее количество, можно составить некоторое представление о

количестве натра на поверхности суши в прибрежной зоне. Эта поправка по Жоли равна 10 о/о, по Клерку - 7 о/о, по Беккеру - 6 о/о количества, выносимого реками, т.е. около 6.000.000 тонн.

д/ Человек является крупным производителем натра; его индустрия вырабатывает по Клерку около 6.000.000 тонн натра в различных химических соединениях и значительная часть его в конце концов возвращается в океан. Если ввести соответствующую поправку, то возраст океана увеличивается примерно на 3.000.000 лет.

е/ Морская вода по опытам Жоли обладает в $2\frac{1}{4}$ - 14 раз большей растворительной способностью /в смысле натра/, чем пресная. Соприкасаясь с сушей в волноприбойной полосе, площадь которой считают в 60.000 кв. миль, вода растворит около 3 о/о того количества, которое даст смыв. Если это учесть, то надо возраст океана понизить на 3.000.000 лет.

Надо указать еще на то, что может быть океан изначала содержал некоторое количество натра. При вулканических извержениях из недр земли выносятся ювенильные вещества, никогда раньше не бывшие на поверхности, в них тоже содержится натр. Учесть эти обстоятельства нельзя, но можно думать, что влияние их незначительно и что океан получил почти весь натр из изверженных пород при сносе их текучими водами. Это подтверждается следующим подсчетом.

По Клерку изверженные породы содержат натра 2,52 о/о; при выщелачивании они теряют 1,57 о/о. Если общее количество натра в океане, $12,6 \times 10^{15}$ тонн, составляет 1,57 о/о изверженных пород, то масса этих последних, снесенная в океан, должна была быть 800×10^{15} тонн, а объем 74.000.000 куб. миль, так как 1 куб. миля пород весит 10.800.000.000 тонн. Таков же должен быть и объем осадочных пород. Это число близко к получаемому из подсчета существующих осадочных пород,

которое около 70.000.000, причем часть их еще скрыта под океаном.

Подводя итоги, получим:

Приближенный возраст океана $\frac{Na_0}{Na_1}$ =	81000000 лет.
Поправка на количество натра в осад.породах =	+ 3000000
" " расход от ветра =	+ 6000000
" " выработку человеком =	+ 3000000
" " растворение в береговой полосе =	- 3000000
Возраст океана =	90000000 лет.

Такой способ определения возраста океана вызывает важные замечания. В нем принимается, что количество натра, ежегодно выносимое в океан, во все времена было одинаково, но ранее поверхность земли была сложена из изверженных пород, а теперь преимущественно из осадочных; размыв первых происходит гораздо медленнее, чем последних. Поверхность древних континентов была вероятно меньше, чем современных. Состав древних изверженных пород мог отличаться от современного. Океан в древние геологические периоды был вероятно мельче современного, и следовательно, объем его меньше. Атмосфера была вероятно богаче углекислотою, а потому растворительная способность текучих вод была сильнее. Скорость сноса 1 фута в 8600 лет, вероятно слишком велика, для изверженных пород; можно думать, что она гораздо меньше и кроме того, эта скорость могла изменяться с течением времени.

Таким путем было сделано несколько подсчетов и все они дали результаты в пределах от 81.000.000 до 340.000.000 лет. Такие расхождения понятны, потому что нам неизвестны: поверхность древних материков из изверженных пород, изменение их высоты, содержание в них натра, быстрота сноса и выщелачивания, какая часть натра остается в осадочных породах и в океан не поступает.

<u>Определение возраста океана по скорости отложения осадочных пород.</u> Считая, что отложение осадочных пород началось с Альгонкского периода, принимают наибольшую толщу равной 335.000 фут.

О скорости отложения можно судить по наблюдениям в дельтах. Для Нильской получается, что слой в I фут толщиною отлагается в 320 л.; для По – в 174 г. На материковой отмели в океане отложение происходит гораздо медленнее; принимают, что I фут отлагается в 880 лет, исходя из того, что в год отлагается: сланцев 6,3 милл. тонн, песчаников I,44, известняков I,26, а всего 9.000.000 тонн в год. Умножив 335.000 х 880 получим возраст осадочных пород в 300.мил. лет. Это конечно еще не есть возраст земли, потому-что время, необходимое для образования мощных архейских пород нам совершенно неизвестно.

В таком подсчете очень много произвольного. Скорость отложения в океане не определена удовлетворительно; она зависит от расстояния до берега; ее принимают равной некоторой средней и постоянной величине, между тем вероятно она была различная в разные периоды; теперь она, надо думать, больше чем прежде. Величина сноса зависит от величины материков и высоты их, а эти величины изменились. Чемберлен полагает, что поверхность суши за все геологическое время не менее двенадцати раз превращалась в предельную равнину и в это время работа сноса конечно должна была уменьшаться.

Были сделаны подобные же подсчеты, допуская, что общая масса когда либо бывших осадочных пород равнялась 210.000.000 куб. миль и что ежегодное нарастание 0,83 куб. мили. Это дало 250.000.000 лет.

Приняв за основание объем существующих ныне осадочных пород и считая, что I куб. миля сносится в 5 лет, получали 350.000.000 лет.

Расчет, произведенный по накоплению углекислого кальция в разных отложениях, дал 320.000.000 лет.

Сделаем теперь общую сводку полученных чисел.

I. <u>По накоплению натра в океане</u>.

По количеству натра без поправок	81.000.000 лет.
" " " с поправками	90.000.000 "
" " " без хлористых соединений	180.000.000 "
" " " только извержен. пород.	210.000.000 "
" " " принимая смыв	340.000.000 "

II. <u>По осадочным отложениям</u>.

По наибольшей мощности	300.000.000 лет
По полному объему всех существовавших.	250.000.000 "
По объему ныне существующих.	350.000.000 "

III. <u>По накоплению углекислого кальция</u>.

По объему всего ныне существующего	320.000.000 "

<u>Геофизические способы</u> определения возраста земли имеют совершенно другое основание. Первое такое определение было сделано <u>Кельвином</u>.

Исходя из гипотезы <u>Лапласа</u>, что земной шар возник из начальной раскаленной туманности и, охлаждаясь вследствие лучеиспускания, превратился в жидкое а затем и в твердое тело, он подсчитал во сколько лет земной шар мог охладиться до современного состояния с момента затвердевания коры. <u>Кельвин</u> задался начальной температурой 3871^{o} /7000^{o}F /. Он допустил, что, пока земной шар был жидким, конвекционные токи поддерживали одинаковую температуру во всей его массе. Только когда он затвердел, весь ли или покрылся снаружи твердой корой, охлаждение стало происходит лишь с поверхности. Применив математическую теорию теплопроводности, <u>Кельвин</u> определил возраст земли. Впервые эта задача была решена им в 1862 году; он получил 96.000.000 лет, но с вероятными пределами от 20 до

400 миллионов лет. Впоследствии, в зависимости от изменения в представлениях об условиях, определяющих охлаждение земного шара, он еще два раза произвел перевычисление, найдя в 1876 г. пределы от 50 до 90 миллионов лет, а в 1897 году еще меньше: от 20 до 40 миллионов лет.

Понятно, что такой способ определения возраста земли также не может дать удовлетворительных результатов, по крайней мере в настоящее время, так как условия охлаждения земли не известны. Исходная температура была принята Кельвином слишком высокой, так как температуры плавления горных пород, из которых вероятно состояла первичная земная кора, гораздо ниже: для диабаза она равна 1200°.

Кинг / King / ввел новое условие - устойчивость земной коры при действии приливных сил; исходя из температуры поверхности 2000° и современного геотермического градиента, он получил возраст земли 24.000.000 лет.

Беккер основывался на том же условии о приливной устойчивости и, кроме того, ввел в вычисление глубину слоя изостатической компенсации, определенную Хейфордом, чем устранил влияние геотермического градиента. Приняв за исходную температуру 1300°, он получил 60.000.000 лет. Зузуки подобным же образом нашел 20 - 60 мил. лет.

Таким образом и описанный геофизический способ дает величины чрезвычайно разнообразные, но много меньшие, чем геологические.

Были сделаны еще попытки определения возраста солнца и луны, которые следовательно решают вопросы, связанные с возрастом земли.

Гельмгольц, основываясь на предположении, что солнце пополняет расход тепла только от сжатия, вычислил его возраст в 50 - 70 миллионов лет.

Дж.Дарвин вычислил возраст луны, исходя из того соображения, что разделение земли и луны могло произойти под действием приливов. Возможно, что луна образовалась вследствие разрыва грушевидной формы равновесия вращающейся жидкой массы /эта форма была указана Пуанкарэ/. Приливные силы земли и луны должны были при их близости производить мощные деформации и изменять как времена их вращения вокруг осей, так и время оборота луны вокруг земли. Исходя из этих соображений Дарвин определил возраст луны около 56.000.000 лет.

Такое происхождение луны конечно лишь одна из гипотез. Сам Дж.Дарвин говорит, что мы никогда не узнаем истинного происхождения луны.

Открытие радия внесло еще более сомнений в правильности расчетов возраста земли всеми способами. Радий постоянно распадается и при этом выделяет тепловую энергию. Как учесть роль самого радия в процессе охлаждения земли, до сих пор решить нельзя. Однако сделаны попытки /Холмс/ подсчитать возраст земли следующим способом. В результате распадения радио активных элементов является выделение гелия и свинца. Определив общий запас радиоактивных элементов - урана и тория - в земле, подсчитав сколько в существующих породах заключено гелия и зная быстроту распадения, можно подсчитать возраст этих пород. Так как ни одна из этих величин точно не известна, то понятно, что результаты подсчетов получились разнообразные, именно от 370.000.000 до 1.600.000.000 лет.

Из сделанного обзора всех способов определения возраста земли видно, что результаты их до сих пор не дают возможности даже составить представление о порядке искомого числа. Пределы от 20.000.000 до 1.600.000.000 слишком широки, да и самые эти пределы

не могут считаться установленными.

Физические способы дают наименьшие величины, но геологи считают числа, получаемые этими способами слишком малыми и их рассчеты, как мы видели, приводят к гораздо большим. Многие ученые склоняются к наиболее высоким из полученных чисел. Биологи также считают необходимым принять числа около 500.000.000 лет.

35.



